차 례

제4장. 기본영양물질 116

제5장. 합성고분자물질 164

제6장. 화학과 환경보호 194

교 과 서 안 내

	학습에 도움이 될 여러가지 참고자료들과 상식들을 폭넓게 담고있다.		화학실험이나 지식습득에서 반드시 주의를 돌려야 할 내용을 담고있다.
	새 지식을 이끌어내고 실험기능을 높이기 위하여 수업시간에 하는 새기기실험(또는 보이기실험)이다.		쉽게 얻을수 있는 시약이나 기구를 리용하여 자체로 해보는 과외실험이다.
	배운 내용에 기초하여 한계단 높은 지식을 습득하기 위한 내용을 담고있다.		지적능력을 높이기 위한 실험 및 응용문제들을 포함하고있다.
	이미 배운 내용을 다지고 새로운 지식과의 련관을 맺어주기 위한 물음이다.	장종합	해당 장의 내용을 호상련관속에서 종합체계화하여 알기 쉽게 묶어준것이다.

화학반응속도와 화학평형
화학반응속도와 그것에 미치는
농도의 영향
화학반응속도에 미치는
온도, 촉매, 빛의 영향
화학평형
화학평형이동
암모니아생산
류산생산

제1장. 화학반응속도와 화학평형

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《나라의 경제력을 강화하고 인민생활수준을 빨리 높이자면 화학공업을 결정적으로 발전시켜야 합니다.》

화학을 발전시켜야 화학공업기지를 튼튼히 꾸려 국방공업과 경제발전, 인민생활에 필요한 갖가지 화학물질들을 원만히 생산보장할수 있다.

화학공업이 만들어내는 화학물질은 어느것이나 다 화학반응의 산물이다. 그러므로 사람들은 화학반응의 본질과 그 진행과정의 합법칙성을 파악하고 그 원리를 생산에 받아들여 여러가지 물질들을 만들어낸다.

이 장에서는 화학반응과정의 합법칙성을 밝히는데서 기초로 되는 화학반응속도의 본질과 화학평형리론 그리고 그것이 어떻게 화학생산에 적용되여 새로운 물질이 얻어지는가를 학습한다.

제1절. 화학반응속도와 그것에 미치는 농도의 영향

우리 주위에서는 여러가지 화학반응들이 끊임없이 일어나고있다. 여기에는 화약의 폭발과 같이 순간에 일어나는 반응이 있는가 하면 공기속에서 철이 녹쓰는것과 같이 매우 느리게 진행되는 반응도 있다.

소금물에 적신 려지
1일
2일
10일

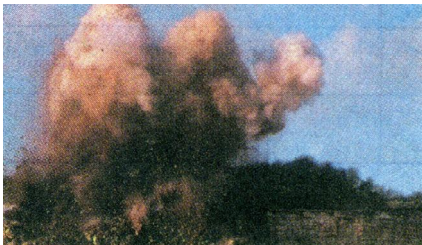



그림 1-1. 화약의 폭발

그림 1-2. 못이 녹쓰는 과정

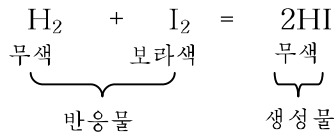
화학반응이 얼마나 빠른가 혹은 느린가 하는것을 화학반응속도로 나타낸다.

화학반응속도

물체의 운동속도는 단위시간동안에 이동한 거리로 나타낸다.

그러면 화학반응속도는 무엇으로 나타내겠는가?

닫긴 그릇에 수소와 보라색의 요드증기를 섞어넣고 열을 주면 반응이 일어나면서 색없는 요드화수소가 생기기 시작한다.

$$\underbrace{\underset{\text{무색}}{H_2} + \underset{\text{보라색}}{I_2}}_{\text{반응물}} = \underbrace{\underset{\text{무색}}{2HI}}_{\text{생성물}}$$

시간이 지남에 따라 반응물인 수소와 요드의 농도는 점점 작아지고 생성물인 요드화수소의 농도는 커지면서 보라색은 점점 연해진다. 이와 같이 반응이 빠르고 느린 정도를 단위시간동안에 반응물의 농도가 얼마나 빨리 작아지는가 또는 생성물의 농도가 얼마나 빨리 커지는가에 의해서 나타낼수 있다.

화학반응속도는 단위시간동안에 일어난 반응물 또는 생성물의 농도변화를 말한다.

처음농도를 C_1, 이때 시간을 t_1, 일정한 시간이 지난 다음 농도를 C_2, 이때 시간을 t_2이라고 하면 반응속도 v는 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$v = \pm\frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} = \pm\frac{\Delta C}{\Delta t}$$

여기서 반응속도를 반응물의 농도변화로 나타내면 ΔC값이《-》값을 가지는데 반응속도는 《-》값이 될수 없으므로 ±부호를 붙여준다.

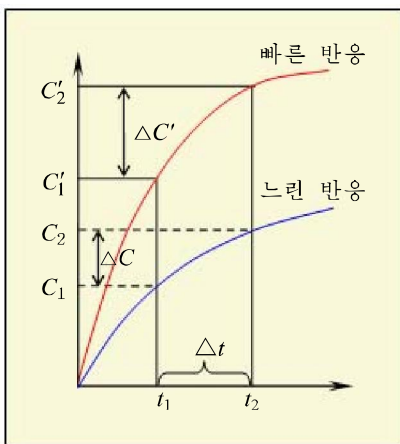



그림 1-3. 시간에 따르는 생성물의 농도변화곡선

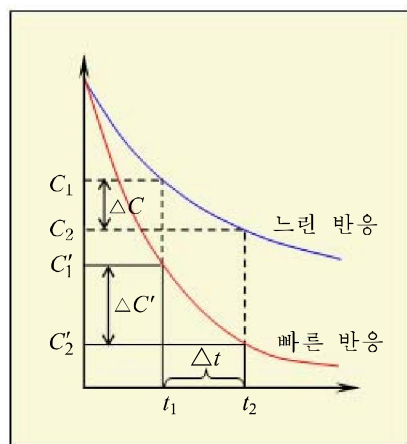



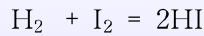
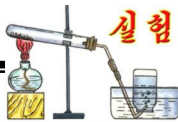
그림 1-4. 시간에 따르는 반응물의 농도변화곡선

례제: 수소와 요드와의 반응에서 수소의 처음농도가 0.4㏖/L이던것이 10s 지난 다음 0.1㏖/L로 되였다. 이 반응의 속도는 얼마인가?

풀이. $v=-\dfrac{C_2-C_1}{t_2-t_1}=-\dfrac{0.1\text{mol/L}-0.4\text{mol/L}}{10\text{s}}$=0.03mol/(L·s)

답. 0.03mol/(L·s)

갈은 반응이라도 어느 물질의 농도변화로 나타낸 반응속도인가에 따라 그 값이 다르게 나타난다. 반응

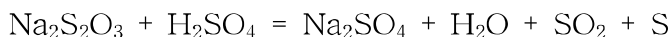
$$H_2 + I_2 = 2HI$$

에서 H_2 1㏖이 반응하면 HI는 2㏖이 생기므로 HI의 농도변화로 속도를 나타내면 H_2로 나타낸 속도값보다 2배로 된다. 따라서 한 반응에서도 어느 물질의 농도변화로 나타낸 반응속도인가를 밝혀야 한다.

화학반응속도에 미치는 농도의 영향

농도가 클수록 반응속도는 빨라진다

두개의 시험관에 농도가 각각 0.1㏖/L, 0.2㏖/L인 티오류산나트리움용액을 5mL씩 따로 넣고 거기에 0.2㏖/L 류산용액을 각각 5mL씩 넣은 다음 꼭같이 흔들어섞는다.

어느 시험관의 용액이 먼저 흐려지는가를 관찰한다.

이 실험에서는 두 시험관에서 모두 류황이 생기면서 흐려지는데 0.2㏖/L 티오류산나트리움이 들어있는 시험관에서 흐림이 더 빨리 일어난다.

$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + SO_2 + S$$

이와 같이 화학반응속도는 반응물의 농도가 클수록 빨라진다. 그것은 무엇때문인가?

화학반응이 일어나자면 반응물분자(또는 이온)들이 서로 충돌해야 하는데 농도가 클수록 단위체적속에 반응물분자들이 많아지며 따라서 충돌수가 늘어나기때문이다.(그림 1-5)

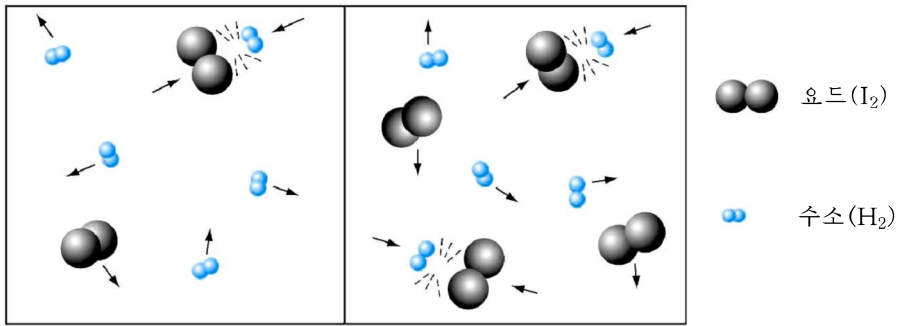
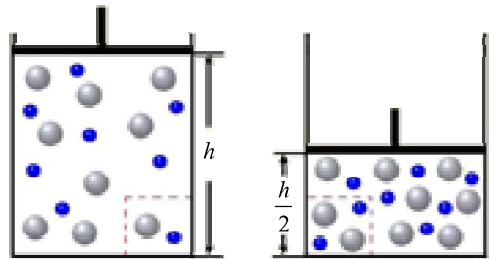
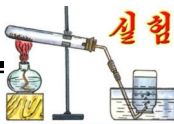



그림 1-5. 요드증기의 농도와 충돌수

기체사이의 반응(례하면 질소와 수소가 반응하여 암모니아가 생기는 반응)에서는 압력을 높이면 반응속도가 빨라진다. 그것은 단위체적속에 들어있는 반응분자수가 많아져 충돌수가 많아지기때문이다.(그림 1-6)

그림 1-6. 압력을 높일 때 단위체적속의 분자수

고체와 기체, 고체와 액체, 액체와 기체사이의 반응에서 고체나 액체의 겉면적이 화학반응속도에 어떤 영향을 주겠는가?

화학반응속도에 미치는 고체겉면적의 영향

두개의 시험관에 같은 농도, 같은 체적의 염산을 넣고 한 시험관에는 아연덩어리를, 다른 시험관에는 같은 질량의 아연가루를 동시에 넣는다. 어느 시험관에서 반응이 더 세차게 일어나는가를 관찰한다.

아연가루를 넣은 시험관에서 반응이 더 세차게 일어난다. 이것은 무엇때문인가?

고체와 액체사이에서 화학반응은 고체겉면에서만 일어난다.(그림 1-7)

고체는 질량이 같다고 하여도 덩어리보다 가루의 겉면적이 훨씬 크다. 따라서 겉면적이 클수록 반응물들사이의 충돌수가 많아져 반응속도가 빨라진다.

이런데로부터 큰 보이라나 세멘트를 만드는 회전로에서는 석탄을 가루상태로 태우며 액체연료는 분무시켜 태운다.

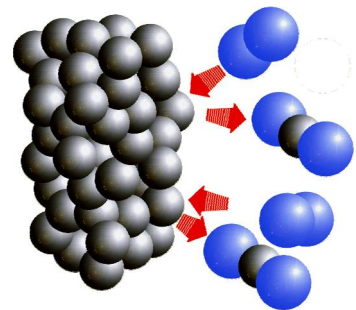



그림 1-7. 고체겉면에서만 반응이 일어난다

? 매끈한 철걸면은 거치른 철걸면에서보다 녹이 잘 쓸지 않는다. 왜 그런가?

화학반응속도식

화학반응 A+B=AB가 일어나자면 A와 B가 서로 충돌해야 하며 그 충돌수는 A와 B의 농도에 관계된다.

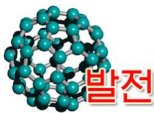
반응물 B의 농도(C_B)를 그대로 두고 A의 농도(C_A)만을 2배로 하면 A와 B의 충돌수는 2배로 되며 반응속도는 2배로 빨라진다. 반대로 C_B만을 2배로 하는 경우에도 마찬가지이다. C_A와 C_B를 모두 2배로 하면 A와 B의 충돌수는 4배로 되며 반응속도는 4배로 빨라진다. 이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$v = k\ C_A \cdot C_B$$ (화학반응속도식)

A　　B	C_A	C_B	충돌수
	1	1	1
	2	1	2
	2	2	4

그림 1-8. 반응물의 농도와 분자의 충돌수

화학반응속도는 반응물들의 농도적에 비례한다.

이것을 반응속도에 관한 **질량작용의 법칙**이라고 부른다. 그리고 비례결수 k를 **반응속도상수**라고 부른다. k값은 반응물과 생성물의 농도에는 관계없이 일정하며 반응의 종류, 반응온도에 따라 달라진다. 이와 같이 반응속도와 농도사이의 관계를 밝힌 식을 **반응속도식**이라고 부른다.

화학반응속도는 반응이 진행되면서 점차 떠진다. 그것은 반응물의 농도가 점차 작아지기때문이다. 따라서 정확한 반응속도는 매 순간에서의 반응속도이다. 바로 이 매 순간에서의 반응속도를 **순간속도**(또는 진속도)라고 부르며 다음과 같이 표시된다.

$$v = \pm\frac{dC}{dt}$$

이로부터 앞에서 학습한 반응속도는 반응의 평균속도($\overline{v}$)로 된다.

? 물체의 운동속도와 화학반응속도에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

? 산소용접에서는 아세틸렌을 순수한 산소로 태운다. 왜 그렇게 하는가?

화학반응속도식은 화학방정식에 의해서가 아니라 실험결과에 의하여 이끌어 내는 식이다.

례: $2H_2O_2=2H_2O+O_2$의 반응속도식은 $v=kC^2_{H_2O_2}$ 로 생각할수 있으나 실지로는

$$v=kC_{H_2O_2}$$

이다.

고체와 기체사이의 반응인 경우 반응속도식은 어떻게 되겠는가?

례: $C_{(고)}+O_2=CO_2$

이때 반응은 고체겉면에서만 일어난다. 그런데 고체겉면적을 일정하다고 보면 반응속도는 산소의 농도에만 관계된다. 따라서 반응속도식에는 기체농도만이 들어간다.

$$v=kC_{O_2}$$

문 제

1. 농도가 0.2㏖/L인 염산에 아연을 넣어 반응시켰더니 20s 지난 뒤 염산의 농도가 0.02㏖/L로 되였다. 이 반응의 속도는 얼마인가? (**답.** 0.009㏖/(L・s))

2. 반응 $H_2+I_2=2HI$의 속도를 수소의 농도변화로 나타낸 값은 0.03㏖/(L・s)이다. 반응속도를 요드화수소의 농도변화로 나타내면 얼마로 되겠는가?
(**답.** 0.06㏖/(L・s))

3. 자동차의 피스톤안에서 액체연료를 태울 때 분사구를 설치하여 액체연료를 분무시킨다. 왜 이렇게 하는가?

4. 기체반응 $H_2+Br_2=2HBr$에서 H_2의 농도가 초당 0.001㏖/L씩 작아지면 HBr의 생성속도는 몇㏖/(L・s)이겠는가? (**답.** 0.002㏖/(L・s))

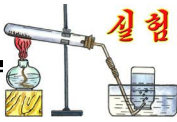
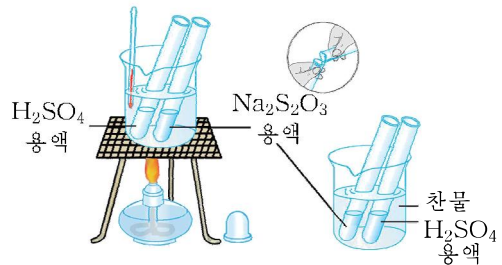
5. 화학반응속도는 _____로 나타내며 식으로는 _____로 표시되고 그라프는 _____으로 표시할수 있다. 화학반응속도는 반응물들의 _____적에 비례한다. 이것을 식으로 나타내면 _____이며 이 식을 ____이라고 부른다.

제2절. 화학반응속도에 미치는 온도, 촉매, 빛의 영향

화학반응속도에는 농도뿐만아니라 여러가지 다른 조건들도 영향을 미친다.

화학반응속도와 온도

많은 화학반응은 열을 주어 온도를 높여야만 눈에 뜨이게 일어난다. 례를 들어 보통온도에서 석탄은 공기중에서 지어는 순수한 산소속에서도 연소되지 않지만 높은 온도로 가열하면 연소되기 시작하며 점점 더 세차게 불탄다.

용액들사이의 반응에서는 어떠하겠는가?

실험에서는 찬물보다 더운물에 잠그었던 시험관에서 더 빨리 흐려진다. 즉 반응이 빨리 일어난다.

화학반응속도는 온도를 높이면 급격히 빨라진다.

실험에 의하면 온도를 10℃씩 높일 때마다 화학반응속도는 2~4배 빨라진다.(경험규칙) 여기에서 2~4를 **온도결수**라고 부르며 기호 γ로 표시한다.

반응그릇의 처음온도를 t_1, 이때 속도를 v_1 그리고 열을 준 다음 온도를 t_2, 이때 속도를 v_2이라고 하면 v_2은 다음과 같이 표시된다.

$$v_2 = v_1\gamma^{\frac{t_2-t_1}{10}}$$

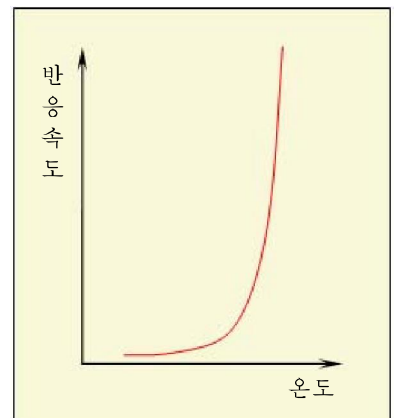



그림 1-9. 반응속도에 미치는 온도의 영향

온도가 높아지면 반응속도가 빨라지는것이 반응물분자들의 운동이 활발해져 충돌수가 많아지기때문이라고 볼수 있으나 이 영향은 매우 적다.

그러면 온도를 10℃씩 높일 때마다 반응속도가 갑자기 빨라지는것은 무엇때문인가?

화학반응이 일어나자면 반응물분자들이 서로 충돌하여야 한다. 그런데 충돌한 모든 분자들이 다 반응한다면 모든 반응은 순간에 일어나고말것이다.

이것은 충돌한 모든 분자들이 다 반응을 일으키지 않는다는것을 말해준다.

실지로 수소와 산소를 혼합하여두면 분자들사이에 충돌은 많이 하지만 보통조건에서는 반응이 거의 일어나지 않는다.

그러면 어떤 분자들이 서로 충돌하여야 반응이 일어나는가?

반응물분자들은 다 같은 에네르기를 가지고있는것이 아니라 서로 다른 에네르기를 가지고있다.

여기에서 큰 에네르기를 가진 분자들이 서로 충돌하여야만 반응이 일어나 생성물로 된다. 작은 에네르기를 가지고있는 분자들은 충돌하여도 반응을 일으키지 못하게 된다.(그림 1-10)

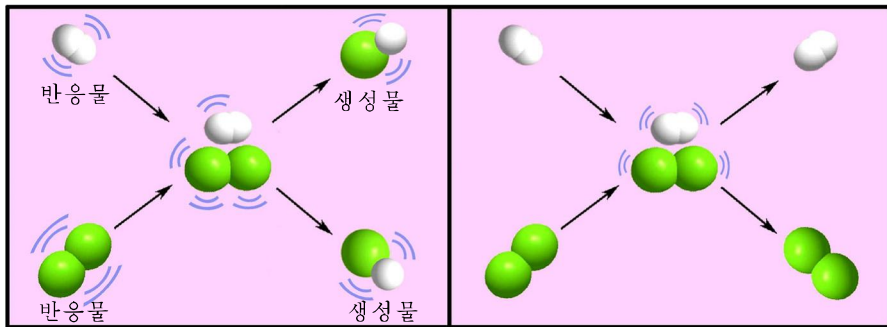



그림 1-10. 큰 에네르기를 가진 분자들만 반응을 일으킨다

여기에서 반응을 일으킬 정도로 큰 에네르기를 가지고있는 분자를 **활성분자**라고 부르며 활성분자들사이의 충돌을 **활성충돌**이라고 부른다.

활성분자가 아닌 분자들도 밖으로부터 에네르기를 받으면 활성분자로 될수 있다.

온도를 높일 때 반응속도가 급격히 빨라지는것은 밖으로부터 에네르기를 받아 활성분자가 갑자기 늘어나면서 활성충돌수가 많아지기때문이다.

례제: γ=2인 반응그릇의 온도를 40℃만큼 더 높이면 반응속도는 몇배나 빨라지겠는가?

풀이. 온도를 40℃만큼 더 높였을 때의 반응속도를 v_2이라고 하고 처음 반응속도를 v_1라고 하면

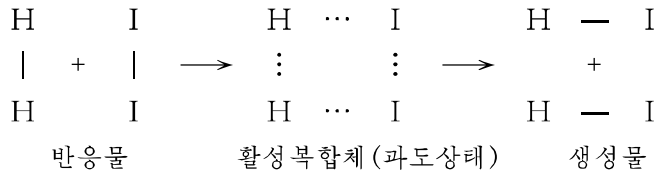
$$v_2 = v_1 \cdot 2^4 = 16v_1$$

답. 16배

활성화에네르기

화학반응이 일어날 때 반응물은 반드시 활성복합체라는 불안정한 중간물질을 거쳐 생성물로 넘어간다.

례컨대 수소와 요드증기를 섞어 높은 온도로 열줄 때 일어나는 반응 $H_2+I_2=2HI$에서는 다음과 같은 과정을 거쳐 생성물로 넘어간다.

반응물		활성복합체(과도상태)		생성물
H　　I		H ··· I		H — I
|　+　|	⟶	⋮　　⋮	⟶	+
H　　I		H ··· I		H — I

이 파도상태에 해당한 불안정한 물질을 **활성복합체**라고 부른다.

요드화수소가 생기는 과정을 에네르기관계로 표시하면 다음과 같다.(그림 1-11)

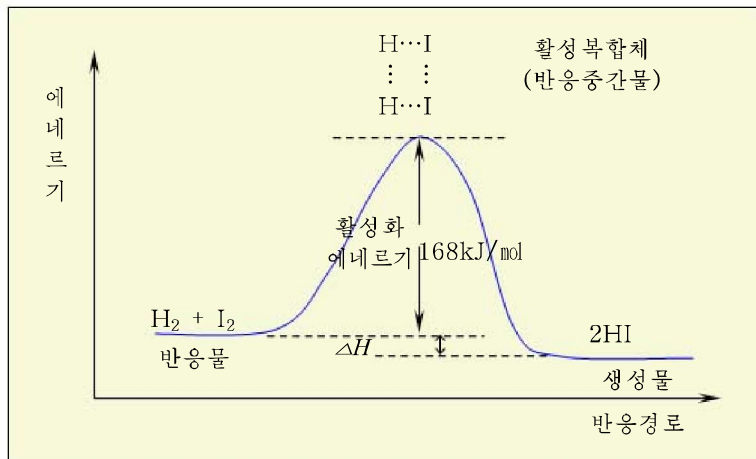



그림 1-11. 활성복합체와 활성화에네르기

그림에서 보는바와 같이 활성복합체를 이룰수 있는 큰 에네르기를 가진 분자가 활성분자이다.

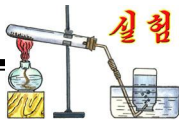
반응물분자들이 활성복합체를 만드는데 필요한 에네르기를 **활성화에네르기**라고 부르며 E_a(kJ/㏖)로 표시한다. 활성화에네르기의 크기는 활성복합체의 에네르기와 반응물의 평균에네르기와의 차와 같다.

활성화에네르기값은 반응마다 다르며 활성화에네르기가 작은 반응일수록 반응속도는 빠르다.

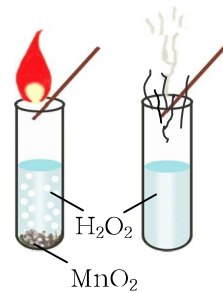
Ⓘ 반응물의 농도를 크게 할 때와 온도를 높일 때 반응속도가 빨라지는 원인의 근본차이는 무엇인가?

몇가지 반응의 활성화에네르기 표 1-1

활성화에네르기	방온도에서 반응정도	반응의 례
E_a<40kJ/㏖	매우 빨리 일어난다.	$Ag^+ + Cl^- = AgCl$, 이온반응
E_a≈40~120kJ/㏖	비교적 천천히 일어난다.	$2H^+ + S_2O_3^{2-} = H_2O + SO_2 + S$ $2NO + O_2 = 2NO_2$
E_a>120 kJ/㏖	거의 일어나지 않는다.	$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$ $C_2H_4 + H_2 = C_2H_6$ $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$

화학반응속도와 촉매

촉매는 반응속도를 빠르게 한다

두개의 시험관에 3%의 과산화수소를 5mL씩 넣고 한 시험관에는 이산화망간(MnO_2)을 조금 넣는다. 이 두 시험관에서의 현상을 관찰한다.

다음 두 시험관에 불티를 가져가본다.

MnO_2을 넣은 시험관에서는 기체가 맹렬히 발생하며 불티에 불길이 일어난다. 이것은 MnO_2이 과산화수소의 분해반응 $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$을 빠르게 하기때문이다.

여기에서 MnO_2은 이 반응의 촉매이며 촉매가 반응속도를 빠르게 하는 작용을 **촉매작용**이라고 부른다.

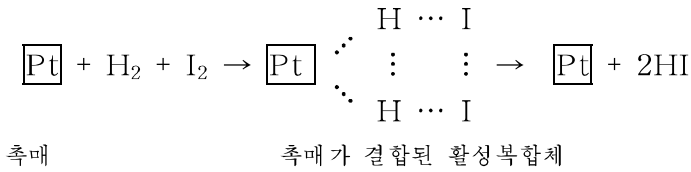
촉매가 반응속도를 빠르게 하는것은 무엇때문인가?

수소와 요드증기사이의 반응 $H_2 + I_2 = 2HI$는 보통온도에서는 거의 일어나지 않는다. 그것은 활성화에네르기가 168kJ/㏖이나 되는 높은 에네르기고개를 넘어야 하기때문이다. 그러나 여기에 백금가루를 조금만 넣으면 반응은 매우 빠른 속도로 일어난다.

이것은 백금을 결합한 활성복합체가 이루어지면서 에네르기고개가 낮은 반응길을 마련해주기때문이다. 결국 촉매를 결합한 활성복합체의 에네르기가 촉매가 없을

때의 활성복합체의 에네르기보다 훨씬 작은것과 관련된다.(그림 1-12)

$$\boxed{Pt} + H_2 + I_2 \rightarrow \boxed{Pt}\begin{matrix} H \cdots I \\ \vdots \quad \vdots \\ H \cdots I \end{matrix} \rightarrow \boxed{Pt} + 2HI$$

촉매 촉매가 결합된 활성복합체

백금촉매를 쓰는 경우에 이 반응의 활성화에네르기는 59kJ/㏖로 낮아진다.

이와 같이 촉매는 활성화에네르기를 낮추어 보통분자도 활성분자로 되게 한다.

따라서 활성충돌수가 많아지게 되고 반응속도는 빨라진다.

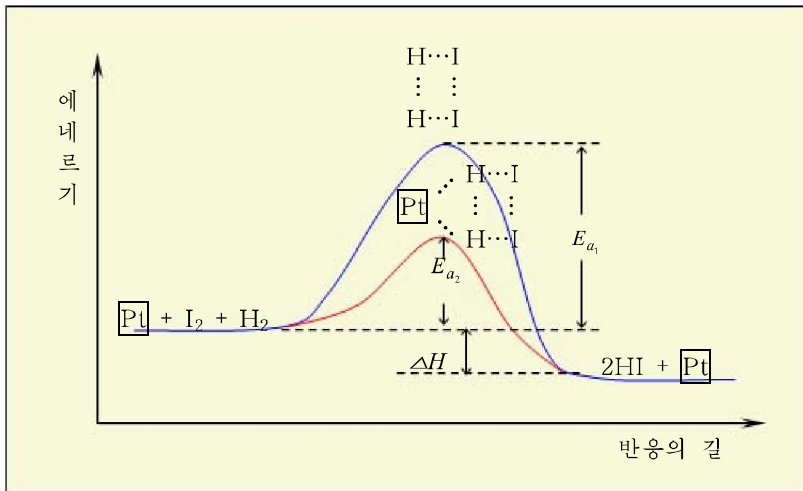



그림 1-12. 촉매가 있는 경우와 없는 경우의 에네르기고개

E_{a_1} : 촉매가 없을 때의 활성화에네르기

E_{a_2} : 촉매가 있을 때의 활성화에네르기

$$E_{a_1} > E_{a_2}$$

촉매란 반응물과 작용하여 활성화에네르기를 낮추어 반응속도만을 변화시키고 반응후에는 되살아나는 물질을 말한다.

촉매는 류산, 질산, 암모니아, 비날론을 비롯한 여러가지 물질생산에 널리 쓰인다.

대다수(약 85%)의 화학반응이 촉매가 있는 조건에서 진행된다.

촉매는 화학반응이 일어나는 여러 부문에서 매우 중요한 의의를 가진다.

촉매를 리용하면 고온, 고압에서만 일어나던 반응도 보통조건에서 실현시킬수 있으므로 많은 에네르기를 절약할수 있다. 또한 보통조건에서 매우 느리거나 전혀 일어나지 않던 반응도 빠른 속도로 진행시킬수 있다.

? 촉매가 있는 경우와 없는 경우에 반응열은 변하겠는가? 왜 그런가?

중요물질생산과 생활에서 리용되는 촉매 표 1-2

반응의 종류	반응방정식	촉매(주성분)
암모니아생산	$N_2+3H_2 = 2NH_3$	철
질산생산	$4NH_3+5O_2 = 4NO+6H_2O$	Pt
류산생산	$2SO_2+O_2 = 2SO_3$	V_2O_5
메타놀생산	$CO+2H_2 = CH_3OH$	Zn-Cr계
자동차배기가스정화	미연소탄화수소, CO의 산화, NO_x의 제거	Pt-Pd-Rh
알콜발효	당류 → 에타놀	지마제(효소)

어떤 경우에는 반응속도를 늦추어야 할 때도 있다. 이때 넣는 촉매를 **부촉매**라고 부른다. 그러나 보통 촉매라고 하면 반응속도를 빠르게 하는 촉매(**정촉매**)를 의미한다. 촉매에 어떤 다른 물질을 첨가할 때 촉매활성과 안정성이 높아지는 경우 그 물질을 **조촉매**라고 부른다. 또한 촉매의 겉면적을 넓히기 위해 다른 물질에 입혀 쓰는 경우 그 물질을 **담체**라고 부른다.

나노재료는 화학반응에서도…

나노재료를 촉매로 쓰면 화학반응속도를 훨씬 높일수 있다. 즉 나노재료의 특이한 성질은 촉매적활성에서도 나타난다. 실례로 크기가 30nm인 나노Ni분말은 수소부가와 탈수소화의 유기화학반응속도를 15배나 높일수 있다. 또한 포름알데히드의 수소화반응으로 메틸알콜을 만들 때 나노Ni분말과 나노TiO_2, 나노SiO_2 혹은 나노NiO분말을 각각 촉매제로 쓰면 선택성을 5배나 높일수 있다. 또한 립자직경이 30nm보다 작은 Ni-Cu-Zn합금을 주성분으로 하는 촉매는 유기화합물의 수소화반응효률을 일반 Ni촉매보다 10배나 더 높일수 있다.

촉매는 일정한 특성을 가진다.

촉매는 우선 주어진 조건에서 정해진 반응에 대해서만 활성을 나타낸다.

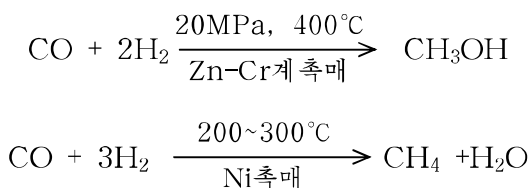
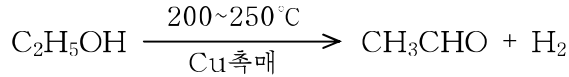
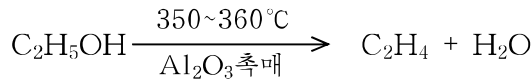
실례로 CO와 H_2의 반응은 어떤 조건에서 어느 촉매를 쓰는가에 따라 그 생성물이 달라진다.

$$CO + 2H_2 \xrightarrow[\text{Zn-Cr계 촉매}]{20MPa,\ 400℃} CH_3OH$$

$$CO + 3H_2 \xrightarrow[\text{Ni촉매}]{200\sim300℃} CH_4 + H_2O$$

다음의 반응에서도 마찬가지이다.

$$C_2H_5OH \xrightarrow[Al_2O_3\text{촉매}]{350\sim360℃} C_2H_4 + H_2O$$

$$C_2H_5OH \xrightarrow[Cu\text{촉매}]{200\sim250℃} CH_3CHO + H_2$$

촉매는 또한 매우 적은 량이라도 많은 량의 반응물에 대하여 촉매작용을 한다.

실례로 적은 량의 Pt는 수백만배에 달하는 암모니아를 산화시킨다.

촉매의 다른 하나의 특성은 어떤 물질을 선택하며 어떤 과정을 통해 만들어졌는가에 따라 그 활성이 각이하게 나타난다는것이다.

촉매의 이러한 특성으로부터 활성이 높은 촉매를 연구개발하고 그 리용분야를 넓혀나가는것은 원가를 적게 들이면서도 우리에게 필요한 물질들을 더 많이, 더 빨리 생산하기 위한 중요한 방도로 된다.

그림 1-13. 빛화학반응과 반응물에 비쳐준 빛의 흡수

화학반응과 빛

빛화학반응. 수소와 염소기체혼합물은 보통조건에서 반응하지 않다가 빛을 쪼이면 폭발적으로 반응하여 염화수소로 된다.(그림 1-13)

$$H_2 + Cl_2 \overset{\text{빛}}{=} 2HCl; \quad \Delta H=-184kJ$$

이와 같이 빛의 작용으로 일어나는 화학반응을 **빛화학반응**이라고 부른다.

반응물질에 비쳐준 모든 빛이 다 반응에 영향을 주겠는가?

물질에 비쳐준 빛은 통과하기도 하고 반사되기도 하며 흡수되기도 한다. 물질을 통과하거나 반사된 빛은 화학반응에 아무런 영향을 주지 못한다. 물질에 흡수된 빛(빛량자)만이 화학반응을 촉진시킨다.

물질에 흡수된 빛은 어떤 작용을 하는가?

반응물질에 흡수된 빛은 반응물분자의 결합을 약화

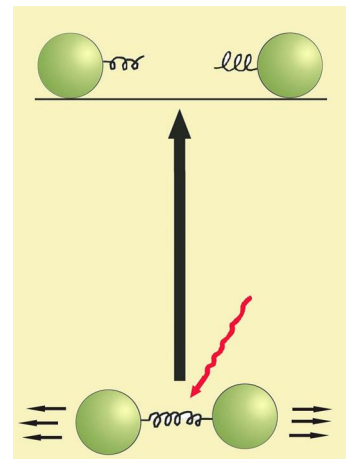
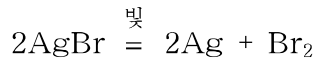



그림 1-14. 반응물에 흡수된 빛의 작용

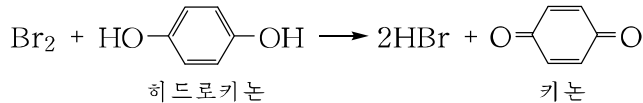
시키거나 분자를 자유로운 원자상태로 만들면서 활성분자수를 늘인다. 례컨대 염소와 수소의 혼합기체에 빛을 쪼이면 결합에네르기가 작은 염소분자가 빛을 흡수하여 염소원자로 갈라진다.(그림 1-14)

활성이 큰 염소원자는 수소분자와의 반응을 쉽게 일으킨다.

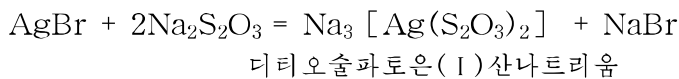
사진의 화학과정. 사진을 찍을 때 일어나는 반응도 빛화학반응이다. 사진필림이나 인화지는 투명수지막이나 종이에 AgBr(AgCl, AgI)의 잔알갱이들을 젤라틴용액에 분산시켜 고르롭게 바른것이다. 사진기렌즈를 통해 물체에서 반사되는 빛이 필림에 와닿으면 브롬화은이 분해된다.

$$2AgBr \overset{빛}{=} 2Ag + Br_2$$

필림을 현상액(주성분:히드로키논)에 넣으면 AgBr이 분해되여 생긴 Br_2은 히드로키논과 반응해버리고 은알갱이만 남는다.

$$Br_2 + HO-C_6H_4-OH \longrightarrow 2HBr + O=C_6H_4=O$$

히드로키논 　　 키논

필림을 다시 정착액(티오류산나트리움:하이포)에 넣으면 빛을 받지 않은 부분의 AgBr는 티오류산나트리움과 반응하여 용해되여나온다.

$$AgBr + 2Na_2S_2O_3 = Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + NaBr$$

디티오술파토은(Ⅰ)산나트리움

결과 필림에는 은알갱이만 검게 남는데 바로 이 부분이 빛을 많이 받은 부분이다. 그러므로 사진필림에는 물체와는 정반대의 영상 즉 밝은 부분은 검고 어두운 부분은 밝은 영상(음화)이 얻어진다.(그림 1-15 ㄱ) 이 필림을 말리운 다음 필림밑에 인화지를 놓고 우에서 빛을 비쳐준 다음 인화지를 현상액과 정착액에 순차적으로 넣으면 실지 물체와 같은 영상(양화)이 얻어진다.(그림 1-15 ㄴ)

ㄱ)

ㄴ)

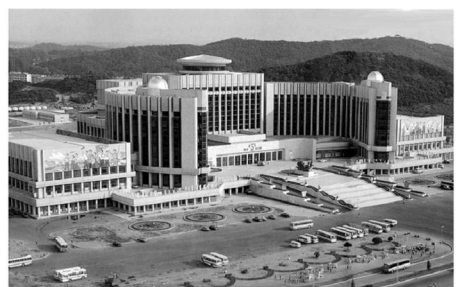



그림 1-15. 필림과 사진

Ⓒ 사진을 현상할 때 필림에 검게 나타난 부분이 사진에 희게 나타나는것은 무엇때문인가?

Ⓒ 사진을 찍을 때 필림에 빛을 지나치게 많이 주면 사진이 실물보다 어둡게 나타나겠는가 밝게 나타나겠는가? 화학방정식을 쓰면서 설명하여라.

Ⓒ 화학반응속도에 미치는 농도와 온도, 촉매, 빛의 영향에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

화학반응속도에는 농도, 온도, 촉매, 빛외에도 레이자빛, 방사선, 전자기파, 용액의 액성 등도 영향을 준다.

빛화학에 대한 연구는 식물이 빛합성과정에 산소를 내보낸다는 사실이 발견(1772년)되고 사진이 발명(1838년)되던 시기부터 활발히 진행되기 시작하였다.

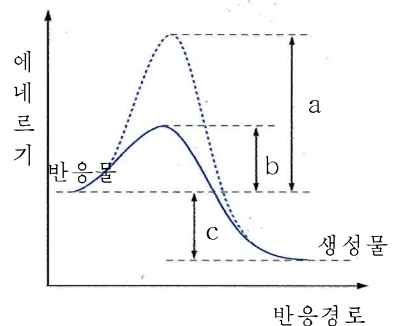
빛화학반응에서는 과학기술적으로 합리적이고 값눅은 광원을 개발하는것을 중요한 문제로 내세웠다. 빛화학은 광원으로서 레이자가 출현한 때(1970년대)로부터 빨리 발전하기 시작하였다. 레이자빛의 좋은 특성으로 하여 동위체분리, 고순도물질만들기, 유독성물질의 제거와 같은 분리정제와 특수한 구조를 가진 화합물도 합성하게 되였다.

문 제

1. 가역반응 $CO+NO_2 \rightleftharpoons CO_2+NO$에서 정반응의 활성화에네르기는 138kJ/㏖이고 역반응의 활성화에네르기는 364kJ/㏖이다. 이 반응의 반응열을 계산하여라. CO와 NO중에서 환원제로서의 세기가 어느것이 더 세겠는가? (**답.** $\triangle H$=-226kJ/㏖)

2. 어떤 기체반응에서 온도가 10℃ 오를 때마다 반응속도가 2배로 된다. 반응속도를 32배로 하려면 반응온도를 몇℃나 더 높여야 하겠는가? (**답.** 50℃)

3. 그림은 어떤 반응에서 촉매가 없는 경우와 있는 경우를 나타낸것이다. 다음 물음에 a, b, c를 리용하여 대답하여라.

ㄱ) 촉매가 있는 경우와 없는 경우 정반응과 역반응의 활성화에네르기는 얼마인가?

ㄴ) 반응열은 얼마인가?

4. 화학반응속도는 온도를 높이면 _____ 빨라진다. 실험에 의하면 온도가 _____지는데 따라 반응속도는 본래보다 _____배 빨라진다. 이것을 경험규칙이라고 하는데 식으로는 _____으로 표시할수 있다. 또한 화학반응속도는 촉매를 쓰면 빨라지는데 그 리유는 _____때문이다.

5. 활성화에네르기가 _____ 반응일수록 _____가 빠르다. 그것은 반응의 _____가 작으면 일정한 온도에서 _______가 많아져서 반응이 _____ 일어나기때문이다.

제3절. 화학평형

가역반응과 화학평형상태

염소산칼리움($KClO_3$)에 열을 주면 완전히 분해되여 염화칼리움과 산소가 생긴다.

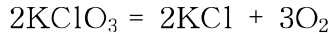
$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

생성물이 다시 작용하여 $KClO_3$으로 되는 반응은 일어나지 않는다. 이와 같이 한쪽방향으로만 일어나는 반응을 **비가역반응**이라고 부른다.(그림 1-16의 ㄱ) 그러나 많은 반응은 비가역반응이 아니다. 실례로 요드증기와 수소를 섞어 닫긴 그릇에 넣고 356℃의 온도를 보장하면 요드증기때문에 보라색이던 혼합기체의 색갈이 점점 연해진다. 이것은 무색의 요드화수소가 생기기때문이다.

그림 1-16. 시간에 따르는 반응물의 농도변화곡선

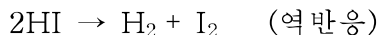
$$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI \quad (정반응)$$

이때 반응속도식은 다음과 같다.

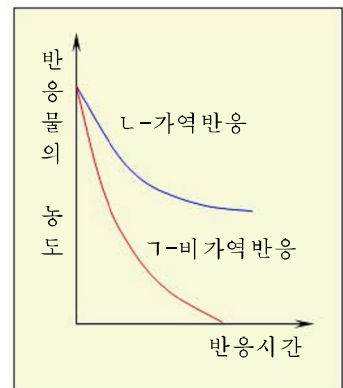
$$\vec{v} = \vec{k}C_{H_2} \cdot C_{I_2}$$

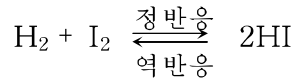
일정한 시간이 지나면 색갈이 더 연해지지 않는다.

반응물로부터 생성물이 생기는 반응을 **정반응**이라고 부른다. 한편 요드화수소만을 우와 같은 조건에서 같은 그릇에 넣으면 무색이던 요드화수소가 점차 보라색을 나타낸다. 이것은 HI가 분해되여 보라색의 I_2과 수소가 생긴다는것을 말해준다.

$$2HI \rightarrow H_2 + I_2 \quad (역반응)$$

이때 반응속도식은 다음과 같다.

$$\overleftarrow{v} = \overleftarrow{k}C_{HI}^2$$

역시 일정한 시간이 지나면 색갈이 더 진해지지 않는다. 이와 같이 생성물이

다시 반응물로 넘어가는 반응을 **역반응**이라고 부른다. 이와 같이 서로 반대방향으로 일어나는 반응 즉 정반응과 역반응이 함께 일어나는 반응을 **가역반응**이라고 부른다.(그림 1-16 ㄴ)

$$H_2 + I_2 \underset{\text{역반응}}{\overset{\text{정반응}}{\rightleftarrows}} 2HI$$

수소와 요드를 1㏖씩 닫긴 그릇에 넣고 높은 온도를 보장하면 처음에는 그릇속에 수소와 요드만이 있으므로 HI가 생기는 정반응만 일어나지만 다음 순간부터는 HI가 분해되여 수소와 요드가 생기는 역반응도 함께 일어난다.

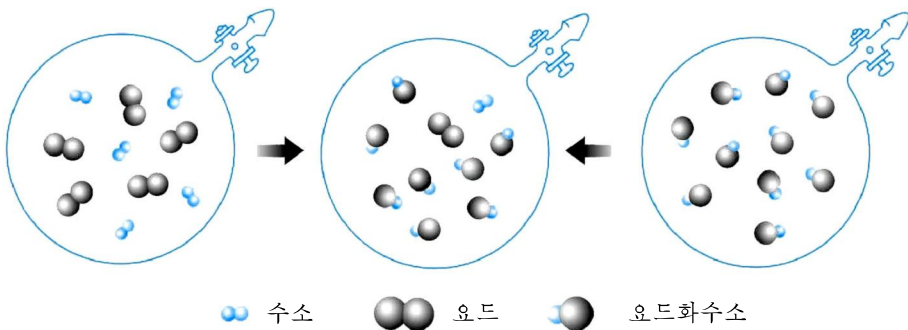



그림 1-17. 요드화수소의 형성과 분해

시간이 지남에 따라 H_2과 I_2의 농도는 작아지고 HI의 농도는 커진다. 따라서 정반응속도($\vec{v}$)는 초기에 빠르다가 점차 떠지며 역반응의 속도($\overleftarrow{v}$)는 초기에 뜨다가 점차 빨라진다. 일정한 시간이 지나면 정반응속도와 역반응속도가 같아지는($\vec{v}=\overleftarrow{v}$) 상태에 도달한다.(그림 1-18)

이때에는 HI가 생기는것만큼 HI가 분해되므로 색갈이 더 연해지지 않으며 마치 반응이 멎은것처럼 보인다.

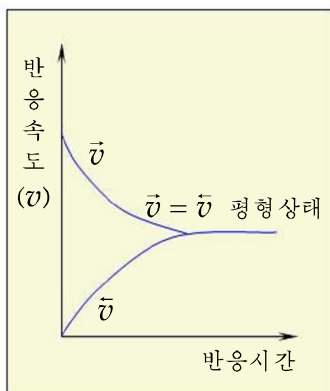



그림 1-18. 시간에 따르는 정반응의 속도와 역반응의 속도

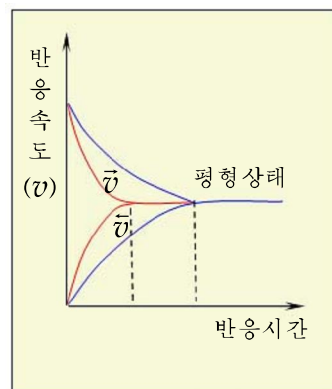



그림 1-19. 촉매없는 반응과 있는 반응에서 평형에 이르는 시간

이와 같이 가역반응에서 정반응의 속도와 역반응의 속도가 같아져 반응물과 생성물의 농도가 더는 변화되지 않는 상태를 **화학평형상태**라고 부른다.

가역반응이 《끝났다》 또는 《멎었다》고 하는것은 반응이 평형상태에 이르렀다는 말이다.

ⓘ 화학평형상태에서 반응물과 생성물의 농도가 같겠는가 다르겠는가? 왜 그런가?

ⓘ 화학평형상태에서도 반응이 계속 진행되겠는가?

촉매가 활성화에네르기가 낮은 새로운 반응길을 마련하면 정반응속도와 역반응속도는 어떻게 되겠는가?

촉매는 정반응속도와 역반응속도를 다같이 빠르게 하여 화학반응이 평형에 빨리 도달하게 한다. (그림 1-19)

화학평형상수

가역반응 $H_2 + I_2 \underset{\text{역반응}}{\overset{\text{정반응}}{\rightleftarrows}} 2HI$에서 정반응속도는 $\vec{v} = \vec{k}C_{H_2} \cdot C_{I_2}$ 이고 역반응속도는 $\overleftarrow{v} = \overleftarrow{k}C_{HI}^2$ 이다.

가역반응이 평형에 이르면 정반응속도와 역반응속도는 같으므로 ($\vec{v} = \overleftarrow{v}$)

$$\vec{k}C_{H_2} \cdot C_{I_2} = \overleftarrow{k}C_{HI}^2$$

이다.

$$\frac{\vec{k}}{\overleftarrow{k}} = \frac{C_{HI}^2}{C_{H_2} \cdot C_{I_2}}$$

그런데 $\vec{k}$ 와 $\overleftarrow{k}$ 은 온도가 일정한 조건에서 상수이므로 이 비도 상수이다. $\frac{\vec{k}}{\overleftarrow{k}} = K_C$ 라고 하면

$$K_C = \frac{C_{HI}^2}{C_{H_2} \cdot C_{I_2}}$$

이다. 여기서 K_C를 **평형상수**라고 부른다.

K_C는 가역반응의 속도상수비이므로 반응물의 종류와 온도에만 관계된다.

우의 식에서 알수 있는바와 같이 화학평형상태에서 반응물의 농도적에 대한 생성물의 농도적의 비는 주어진 온도에서 일정하다. 이것을 **화학평형법칙**(또는 화학평형에 대한 질량작용의 법칙)이라고 부른다. 그리고 이 관계를 나타낸 식을 **평형상수식**이라고 부른다.

이 법칙의 내용은 다음의 실험자료를 분석하여보면 더욱 뚜렷하여진다. (표 1-3)

$H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$의 각이한 농도에서의 평형상수 K_C의 값(445℃에서) 표 1-3

반응전 매개 물질의 농도/㏖·L^{-1}			평형상태에서 매개 물질의 농도/㏖·L^{-1}			평형상수 (K_C)
C'_{H_2}	C'_{I_2}	C'_{HI}	C_{H_2}	C_{I_2}	C_{HI}	$\frac{C_{HI}^2}{C_{H_2} \cdot C_{I_2}}$
0.01	0.01	0	0.002 2	0.002 2	0.015 6	50
0	0	0.01	0.001 1	0.001 1	0.007 8	50
0	0.009 7	0.034 9	0.001 7	0.011 4	0.031 5	50

평형상수 K_C값의 크기를 보고 반응이 진행된 정도를 알수 있다. K_C값이 클수록 생성물이 더 많이 얻어진 상태에서 평형이 이루어졌다는것을 알수 있다.

평형상수식의 평형농도를 기체반응인 경우에는 분압으로 표시하는것이 편리하다.

기체반응에서 매 기체들의 몰농도는 $C=\frac{n}{V}$이다. 한편 $PV=nRT$로부터 $n=\frac{PV}{RT}$이다.

례컨대 H_2, I_2, HI의 혼합물에서 수소의 농도 C_{H_2}와 분압 P_{H_2}사이에는 다음의 관계가 이루어진다.

$$C_{H_2} = \frac{n_{H_2}}{V} = \frac{P_{H_2}}{RT}$$

즉 주어진 온도에서 기체의 몰농도는 그 기체의 분압에 비례한다.

이로부터 농도로 표시된 평형상수식을 분압으로 표시하면 다음과 같다.

$$K_P = \frac{P_{HI}^2}{P_{H_2} \cdot P_{I_2}}$$

평형상태에서 반응물들의 분압적에 대한 생성물들의 분압적의 비는 주어진 온도에서 상수이다. 상수 K_P를 **압력평형상수**라고 부른다.

일반적인 기체반응 $aA+bB \rightleftharpoons dD+eE$에 대한 평형상수식은 다음과 같이 표시된다.

$$K_C = \frac{C_D^d \cdot C_E^e}{C_A^a \cdot C_B^b}, \qquad K_P = \frac{P_D^d \cdot P_E^e}{P_A^a \cdot P_B^b}$$

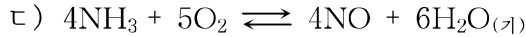
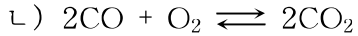
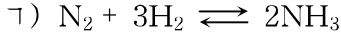
화학평형에 관한 질량작용의 법칙은 노르웨이의 수학자인 굴드베르그(1836-1902년)와 화학자인 와게(1833-1900년)에 의하여 1864년에 발견되였다. 이들은 처음으로 화학현상을 수학적으로 취급하는데 성공하였다.

문 제

1. 다음 반응에 대한 평형상수식을 농도 및 분압으로 나타내여라.

ㄱ) $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$

ㄴ) $2CO + O_2 \rightleftarrows 2CO_2$

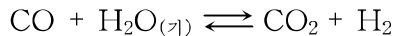
ㄷ) $4NH_3 + 5O_2 \rightleftarrows 4NO + 6H_2O_{(기)}$

2. 수소와 요드증기를 445℃에서 반응시킬 때 그릇속에서 물질들의 농도는 시간에 따라 아래의 표와 같이 변하였다.

반응한 시간/min	농도/㏖·L^{-1}		
	C_{H_2}	C_{I_2}	C_{HI}
0	0.005 0	0.005 0	----
10	0.003 3	0.003 3	0.003 4
30	0.001 5	0.001 5	0.007 5
80	0.001 1	0.001 1	0.007 8
90	0.001 1	0.001 1	0.007 8

표의 어느 값을 가지고 평형상수를 계산하여야 하며 그 값은 얼마인가?

3. 425℃에서 반응 $H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$의 평형상수 $K_C = K_P = 54.5$이다. K_C와 K_P가 왜 같은가?

4. 닫긴 그릇속에서 CO와 $H_2O_{(기)}$의 혼합기체에 열을 주면 다음의 반응이 일어난다.

$$CO + H_2O_{(기)} \rightleftarrows CO_2 + H_2$$

2㏖의 CO와 20㏖의 H_2O를 혼합하고 800℃까지 가열할 때 이 반응의 평형상수가 1이라면 CO의 변화률은 얼마인가? (**답.** 90.9%)

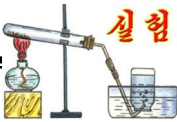
5. 화학반응에서 _____이 반응하여 _____이 생기는 반응을 _____이라고 부르며 생성물이 _____로 되는 반응을 ______이라고 부른다. _____과 _____이 함께 일어나는 반응을 _____이라고 부른다. 염소산칼리움의 _____반응에서와 같이 반응이 _____으로만 일어나는 즉 _____만 일어나는 반응을 _____이라고 부른다.

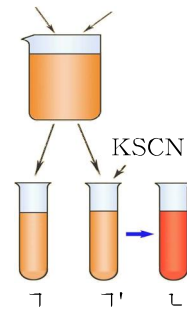
제4절. 화학평형이동

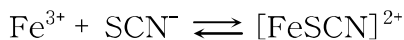
가역반응이 평형상태에 이르렀을 때 온도와 압력, 반응물 또는 생성물의 농도를 변화시키지 않으면 평형은 그대로 유지된다.

그러나 우와 같은 조건가운데서 어느 하나라도 변화시키면 평형은 파괴되며 새로운 평형상태가 이루어진다. 이와 같이 한 평형상태가 파괴되고 새로운 평형상태가 이루어지는 과정을 **화학평형이동**이라고 부른다.

공업에서는 얻으려고 하는 생성물이 더 많이 생기는 방향으로 평형을 이동시켜야 한다. 그러자면 화학평형에 영향을 주는 온도, 압력, 농도와 같은 반응조건을 변화시켜야 한다.

화학평형에 미치는 농도의 영향

화학평형에 미치는 농도의 영향

묽은 염화철(Ⅲ)용액에 묽은 티오시안산칼리움용액을 같은 체적씩 섞어 두 시험관에 나누고 한 시험관에 티오시안산칼리움결정을 조금 더 넣어 푼 다음 두 시험관안의 용액의 색을 비교한다.

우의 실험에서는 다음의 반응에 의하여 용액이 피색을 나타낸다.

$$Fe^{3+} + SCN^{-} \rightleftarrows \underset{\text{피색}}{[FeSCN]^{2+}}$$

색이 더 변화되지 않는 평형에 이른 다음 KSCN결정을 조금 넣은 시험관의 피색은 더 진해진다. 이것은 반응물인 KSCN결정을 넣을 때 정반응이 진행되여 $[FeSCN]^{2+}$이 더 생긴 상태에서 새로운 평형이 이루어졌기때문이다.

이렇게 반응물의 농도를 높이면 그 농도가 감소되면서 생성물이 생기는쪽으로 평형이 이동한다. 이러한 평형이동은 평형상수식을 통해서도 알수 있다.

례컨대 427℃에서 반응 $CO + H_2O_{(기)} \rightleftarrows CO_2 + H_2$ 의 평형상수는 K_C=9.02이다.

$$K_C = \frac{C_{CO_2} \cdot C_{H_2}}{C_{CO} \cdot C_{H_2O(기)}} = 9.02$$

평형상태에서 반응물인 수증기를 더 넣어주면 이때 농도적의 비는

$$\frac{C_{CO_2} \cdot C_{H_2}}{C_{CO} \cdot C'_{H_2O(기)}} < K_C$$

의 관계가 이루어진다. 그런데 K_C값은 주어진 온도에서 일정하므로 왼변이 K_C와 같아지려면 수증기의 농도가 감소되고 생성물이 생기는쪽으로 반응이 진행되여 새로운 평형이 이루어져야 한다.

ⓘ 반응그릇에서 수소를 뽑아내면 평형은 어느쪽으로 이동하겠는가?

이와 같이 화학평형상태에서 어느 한 물질의 농도를 크게 하면 그 농도를 작게 하는 방향으로, 반대로 한 물질의 농도를 작게 하면 그 농도를 크게 해주는 방향으로 평형이 이동한다.

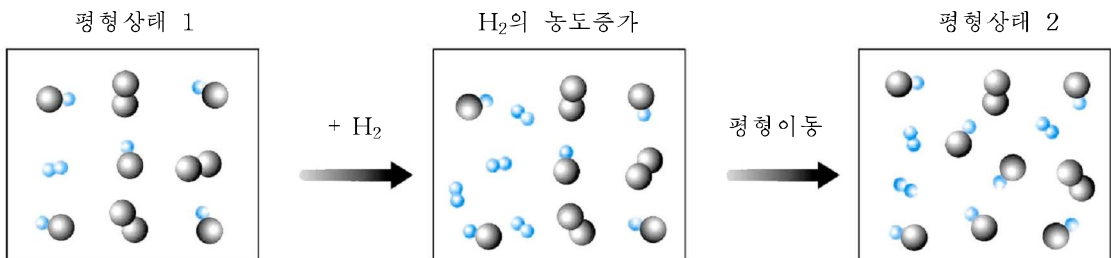



그림 1-20. 농도변화와 평형이동($H_2+I_2 \rightleftarrows 2HI$)

화학평형에 미치는 압력의 영향

체적변화가 있는 기체반응의 화학평형은 압력의 영향을 받는다.

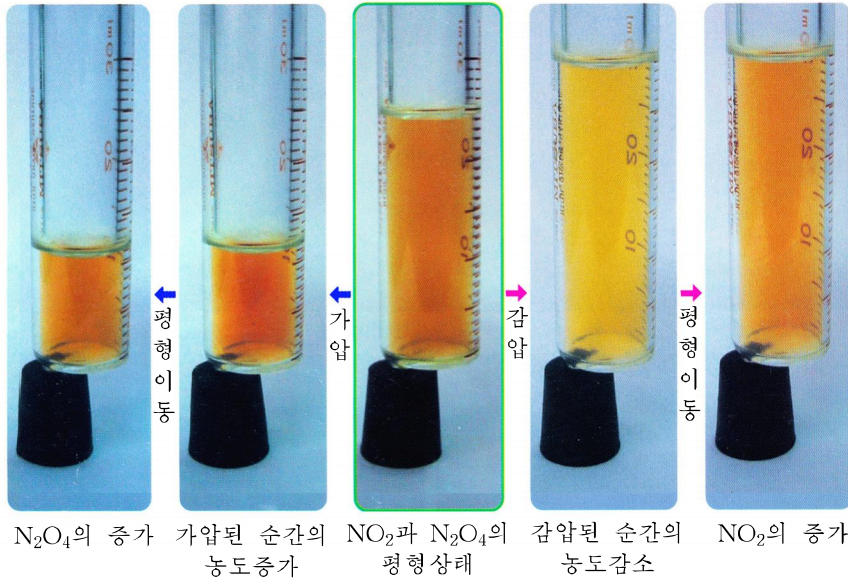



그림 1-21. $2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4$에서 압력에 따르는 평형이동
밤색 무색

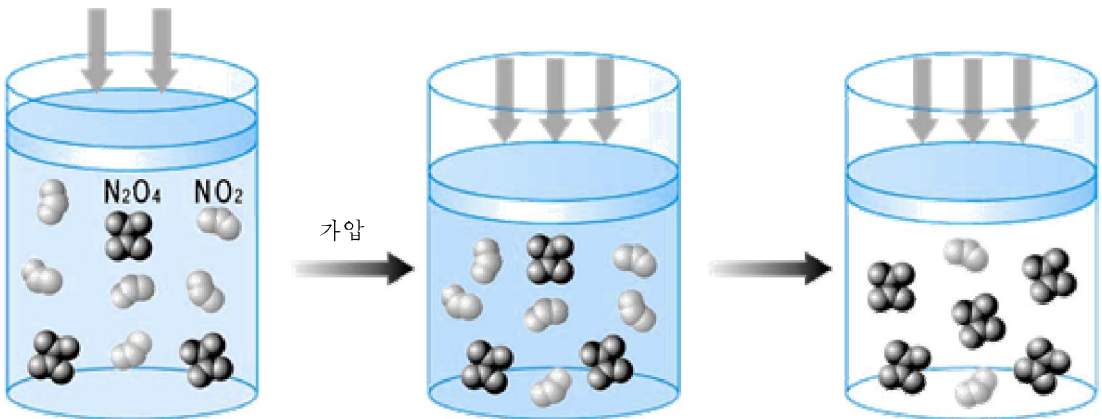
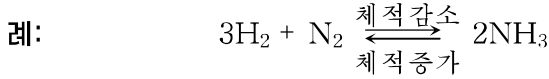



그림 1-22. $2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4$에서 압력에 따르는 평형이동모형

화학평형상태에 있는 기체반응에서 압력을 높이거나 낮추면 평형은 어떻게 이동하겠는가?

례: $$3H_2 + N_2 \underset{\text{체적증가}}{\overset{\text{체적감소}}{\rightleftarrows}} 2NH_3$$

이 반응의 평형상수식은 다음과 같다.

$$K_P = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{H_2}^3 \cdot P_{N_2}}$$

압력을 두배로 높이면 평형은 어느쪽으로 이동하겠는가? 이때 체적은 절반으로 줄면서 매개 물질의 분압은 두배로 커진다. 이때 분압적의 비는 다음과 같이 된다.

$$\frac{(2P_{NH_3})^2}{(2P_{H_2})^3 \cdot 2P_{N_2}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{P_{NH_3}^2}{P_{H_2}^3 \cdot P_{N_2}} < K_P$$

새로운 평형이 이루어져 왼쪽항이 K_P와 같아지려면 높아진 압력을 낮추는 즉 체적이 감소하는(생성물이 생기는)쪽으로 평형이 이동하여야 한다.

반대로 압력을 낮추면 그 압력을 높여주는 즉 체적이 증가하는(반응물이 생기는)쪽으로 평형이 이동하여야 한다.

따라서 암모니아합성에서 암모니아가 생기는쪽으로 평형을 이동시키자면 압력을 높여야 한다.

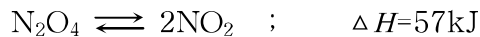
ⓘ 체적변화가 없는 기체반응에서도 압력이 화학평형에 영향을 미치겠는가?

화학평형에 미치는 온도의 영향

발열반응이나 흡열반응의 화학평형은 온도의 영향을 받는다.

온도를 높이거나 낮출 때 열효과가 있는 반응의 화학평형은 어떻게 이동하겠는가?

N_2O_4이 NO_2로 되는 반응은 흡열반응이다.

$$N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2 \quad ; \qquad \Delta H=57\text{kJ}$$

평형상태에 있는 이 반응그릇의 온도를 높이면 붉은밤색이 진해진다.

이것은 NO_2의 농도가 높아진 상태 즉 NO_2이 생기는 흡열반응이 일어나는 방향으로 평형이 이동한다는것을 보여준다. 반대로 온도를 낮추면 붉은밤색이 연해진다.

이것은 N_2O_4의 농도가 높아진 상태 즉 N_2O_4이 생기는 발열반응이 일어나는 방향으로 평형이 이동한다는것을 보여준다.(그림 1-23)

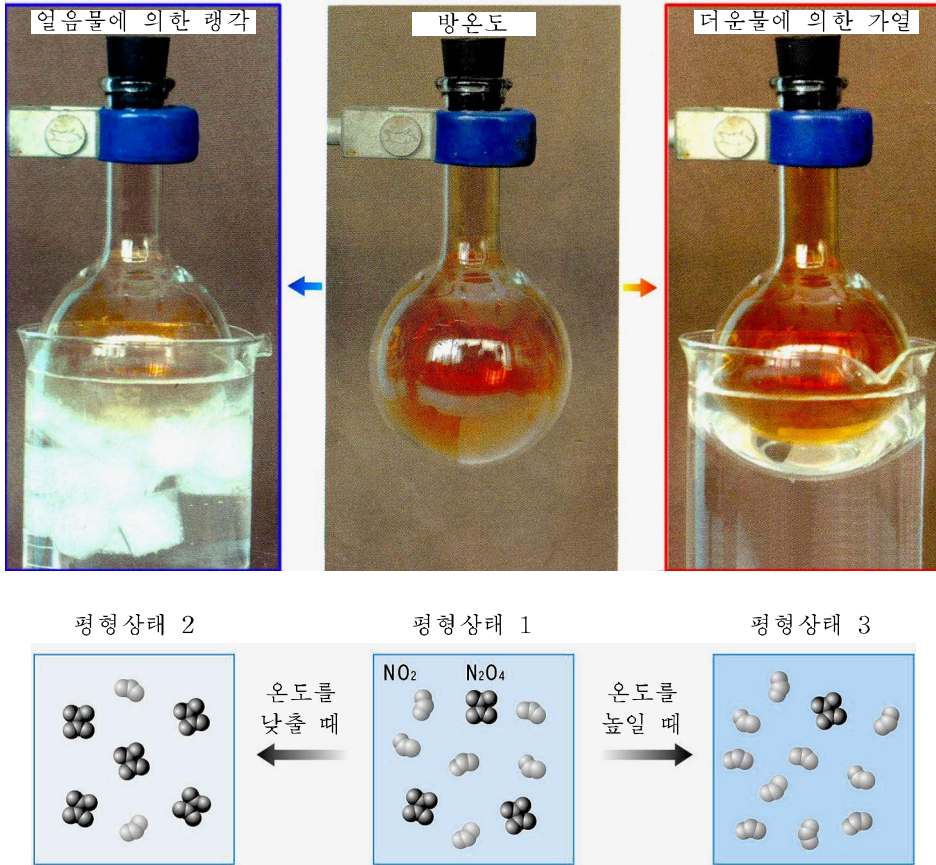



그림 1-23. 온도변화와 평형이동

일반적으로 평형상태에 있는 그릇의 온도를 높이면 평형은 그 온도를 낮추는 흡열반응쪽으로 평형이 이동하며 온도를 낮추면 평형은 그 온도를 높이는 발열반응쪽으로 평형이 이동한다.

평형법칙에 의해서도 온도변화에 따르는 평형이동의 방향을 알수 있다.

그러므로 흡열반응인 N_2O_4이 NO_2로 되는 반응에서는 온도를 높이면 그 순간에 평형이 파괴되며 따라서 다음관계가 이루어진다.

$$\frac{C_{NO_2}^2}{C_{N_2O_4}} < K_C$$

이로부터 왼쪽항이 K_C값과 같아지려면 높여준 온도를 낮추는 방향으로 즉 흡열반응의 생성물인 NO_2의 농도가 커지는 방향으로 평형이 이동되여야 한다.

온도에 따르는 NO_2, N_2O_4의 평형상태에서의 조성 표 1-4

온도/℃ \ 조성	27	50	100	135
N_2O_4의 체적조성/%	80	60	11	1.3
NO_2의 체적조성/%	20	40	89	98.7

? 온도를 낮추는 경우에는 평형이 어떻게 이동되겠는가?

? 다음의 가역반응이 평형을 이루었을 때 온도를 높이거나 낮추면 평형은 어느쪽으로 이동하겠는가?

$$H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr ;\quad \Delta H = -36\text{kJ}$$

르 샤뗼리예원리(평형이동의 원리)

앞에서 학습한 화학평형에 영향을 주는 세가지 조건에서 공통적인 점은 무엇인가?

① 평형상태에 놓여있는 물질가운데서 한 물질의 농도를 높이면 그 물질의 농도가 작아지는 방향으로 평형이 이동한다.

② 반응그릇안의 압력을 높이면 높여준 압력을 낮추는(체적이 작아지는) 방향으로 평형이 이동한다.

③ 반응온도를 높여주면 그 온도를 낮추는 흡열반응이 일어나는 방향으로 평형이 이동한다.

이 내용을 하나로 묶으면 다음과 같이 말할수 있다.

평형상태에 있는 반응그릇에 밖으로부터 어떤 작용을 주면 평형은 그 작용을 감소시키는 방향으로 이동한다. 이것을 **르 샤뗼리예원리**라고 부른다.

이 원리는 화학평형뿐만아니라 증발과 응축, 용해 및 결정화와 같은 물리현상이나 생물체내에서 일어나는 반응에도 그대로 적용되는 일반원리이다.

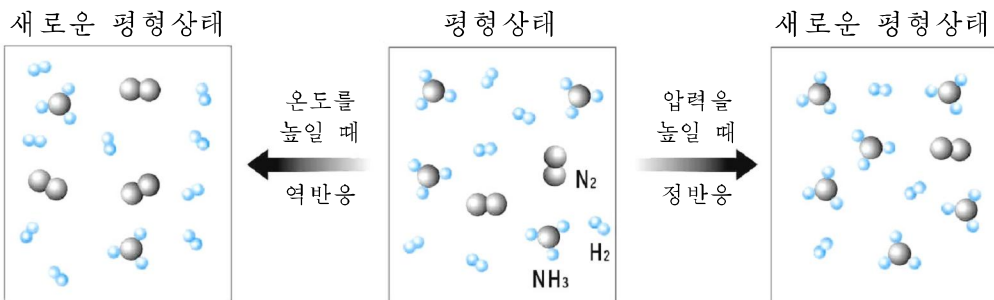



그림 1-24. 암모니아합성반응에서의 평형이동

참 고

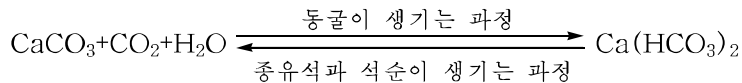
자연계에서의 화학평형이동

석회암지대에서 동굴과 종유석, 석순이 생기는 과정은 자연계에서의 화학평형이동과정이다. 석회암의 기본조성은 $CaCO_3$이다.

공기속의 탄산가스를 흡수한 비물에 의하여 $CaCO_3$은 물에 용해되는 탄산수소칼시움으로 된다. 이때 동굴이 생긴다.

$$CaCO_{3(고)} + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$Ca(HCO_3)_2$이 용해되여있는 물이 동굴의 벽이나 천정을 따라 흐르면서 CO_2이 날아나면 역반응이 일어나면서 물에 용해되지 않는 $CaCO_3$이 다시 생기면서 종유석과 석순이 얻어진다.

$$CaCO_3+CO_2+H_2O \underset{\text{종유석과 석순이 생기는 과정}}{\overset{\text{동굴이 생기는 과정}}{\rightleftarrows}} Ca(HCO_3)_2$$

종유석, 석순은 지하수가 많은 여름에는 빨리 커지고 지하수가 적은 겨울에는 상대적으로 느리게 커져 나무모양의 년륜이 생긴다. 종유석과 석순에는 일부 Fe, Mg, Al성분들도 섞여있다. 이런 성분에 따라 그 색이 누런밤색 또는 누런풀색으로 된다.

참 고

르 샤뗄리에

평형이동의 원리는 프랑스의 과학자인 르 샤뗄리에(1850-1934년)에 의해 발견되였다. 그는 가역반응에 미치는 온도와 압력의 영향에 대한 수많은 정량적인 실험을 거듭하여 1884년에 이 원리를 내놓았다.

? 촉매가 화학평형이동에 영향을 미치겠는가?

화학평형에 미치는 온도와 압력의 영향

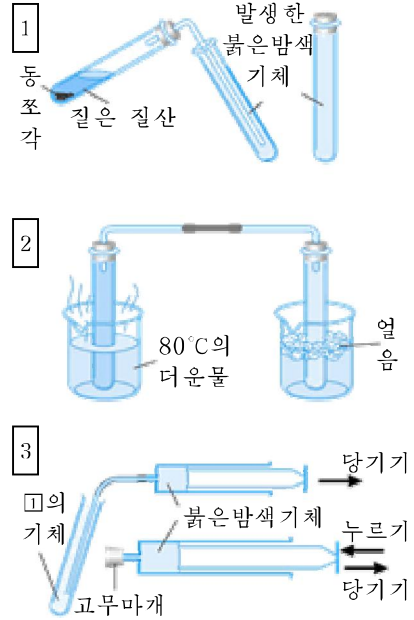
① 그림과 같이 짙은 질산 5mL에 동쪼각 0.5g을 넣을 때 발생하는 기체를 시험관 3개에 모은 다음 고무마개로 막는다.

② 기체를 모은 두 시험관을 그림과 같이 련결하여 80℃의 물과 얼음물에 잠그고 색변화를 살펴본다.

③ 나머지시험관에 있는 기체를 주사기로 빨아내고 앞끝을 고무마개로 막은 다음 주사기의 피스톤을 눌렀다당겼다하면서 색변화를 살펴본다.

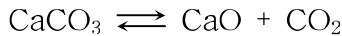
? 첫 실험으로부터 기체가 생기는 반응의 화학방정식을 써보아라.

? 두번째 실험으로부터 무엇을 알수 있는가? 가역반응방정식을 쓰고 발열반응과 흡열반응을 밝혀라.

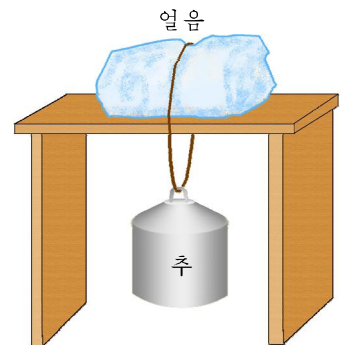
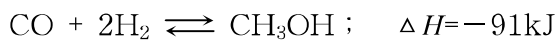
? 세번째 실험으로부터 화학평형이동에 미치는 압력의 영향을 지적하여라.

문 제

1. 다음의 그림에서 압력이 가해지는 부분에서 얼음이 녹아내리는 원인을 설명하여라. 얼음판우에서 스케트가 잘 미끄러지는 원인은 무엇인가?

2. 닫긴 그릇안에서 다음반응이 평형을 이룬다.

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$$

온도를 일정하게 하면서 그릇을 열어놓으면 어떤 현상이 일어나겠는가?

3. 다음반응의 평형은 온도를 높일 때와 압력을 높일 때 어느쪽으로 이동하겠는가?

$$CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH; \quad \Delta H = -91kJ$$

제5절. 암모니아생산

경애하는 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 화학비료생산에서 전력을 적게 쓰는 석탄가스화에 의한 암모니아생산방법으로 나아가야 합니다.》

석탄가스화에 의한 암모니아생산방법은 전력을 적게 쓰면서도 더 많은 화학비료를 만들수 있는 가장 효과적인 방법이다.

암모니아는 농촌경리의 화학화를 실현하는데서 중요한 의의를 가지는 뇨소, 질안, 류안, 염안과 같은 질소비료생산의 기본원료이다. 또한 폭발물과 물감생산의 원료인 질산을 만드는데 그리고 여러가지 질소유기화합물을 만드는 원료로 널리 쓰인다.

암모니아생산의 기본원료인 수소는 물을 전기분해하는 방법, 나프사열분해법, 석탄가스화의 방법 등으로 얻는다.

여기에서 전력을 적게 쓰면서도 우리의 원료에 의거하는 가장 효과적인 방법은 석탄가스화에 의한 암모니아생산방법이다.

석탄가스화에 의한 암모니아생산은 세 단계 즉 가스화, 일산화탄소의 변성, 암모니아합성단계를 거친다.(그림 1-25)

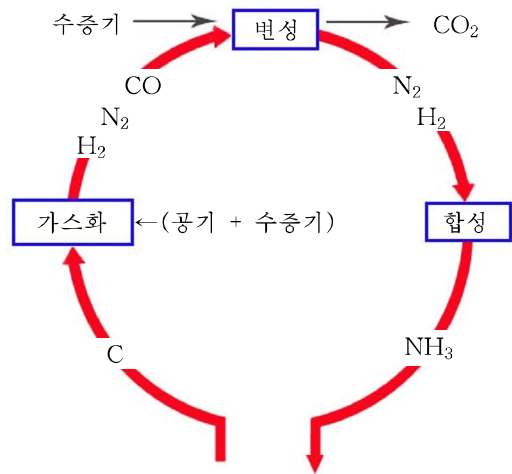



그림 1-25. 석탄을 가스화하여 암모니아를 생산하는 반응단계

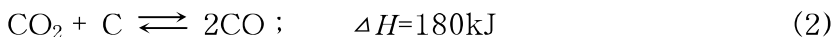
석탄가스화

석탄가스화는 가스발생로의 빨갛게 단 탄층에 공기(O_2, N_2) 또는 수증기를 불어넣는 방법(고정층식가스화)과 가스발생로에 가루탄을 넣고 공기 또는 산소와 수증기를 불어넣어 태우는 방법(분탄가스화)이 있다.

이때 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$C + O_2 \rightleftarrows CO_2 ; \quad \Delta H = -394kJ \quad (1)$$

$$CO_2 + C \rightleftarrows 2CO ; \quad \Delta H = 180kJ \quad (2)$$

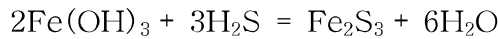
$$C + H_2O_{(기)} \rightleftarrows CO + H_2 ; \quad \Delta H = 131kJ \quad (3)$$

발생로에서 얻어지는 가스에는 CO, H_2, CO_2, N_2이 들어있다. 이가운데서

CO와 H_2은 불탈수 있는 가스이다. 이와 같이 석탄으로부터 불탈수 있는 가스를 만드는 과정을 **석탄가스화**라고 부른다.

여기에서 중요한것은 CO와 H_2을 더 많이, 더 빨리 얻어내는것이다. 그러자면 (2), (3)반응을 촉진시켜야 한다. 그런데 (2), (3)반응은 흡열반응이므로 높은 온도조건에서만 진행된다. 만일 수증기를 지나치게 불어넣으면 높은 온도조건을 보장할수 없고 공기나 산소를 지나치게 불어넣으면 높은 온도는 보장되나 CO와 H_2의 생산량이 떨어진다. 이로부터 불어넣는 공기와 산소, 수증기를 알맞게 배합하여 넣어주어야 한다.

발생로가스속에는 탄속에 들어있던 유기물질로부터 생긴 H_2S도 섞여있게 된다.

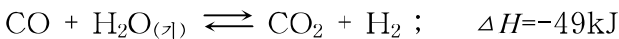
이것은 다음 단계 반응에 쓰이는 촉매를 못쓰게 만드는 촉매독으로 된다. 그러므로 수산화철이 들어있는 황토와 작용시켜 없애버린다.

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$

가스발생로에 공기를 불어넣어 얻는 가스를 **공기성가스**, 공기와 수증기를 함께 불어넣어 얻는 가스를 **혼성가스**라고 부른다.

? 공기성가스와 혼성가스의 조성에서의 차이점은 무엇인가?

일산화탄소의 변성

물을 CO로 환원하여 H_2과 CO_2을 만드는 과정을 **일산화탄소의 변성**이라고 부르며 이때 얻어지는 가스를 **변성가스**라고 부른다.

$$CO + H_2O_{(기)} \rightleftarrows CO_2 + H_2\ ; \quad \Delta H=-49kJ$$

이 반응은 가역적인 기체반응이며 활성화에네르기가 큰 발열반응으로서 일산화탄소의 변성로에서 진행된다.(그림 1-26) 반응속도를 빠르게 하며 평형을 수소가 생기는쪽으로 이동시키기 위해 값눅은 수증기의 농도를 높여 CO와 $H_2O_{(기)}$의 물질량비를 1:4로 하여 변성로의 웃부분으로 넣어준다.

제1촉매층을 통과하여 나온 가스에 다시 물을 더 뿌려주어 수증기의 농도를 높여준다. 또한 반응가스의 온도를 450℃로 보장하며 산화철(Ⅲ)(Fe_2O_3)촉매층을 통과시킨다.

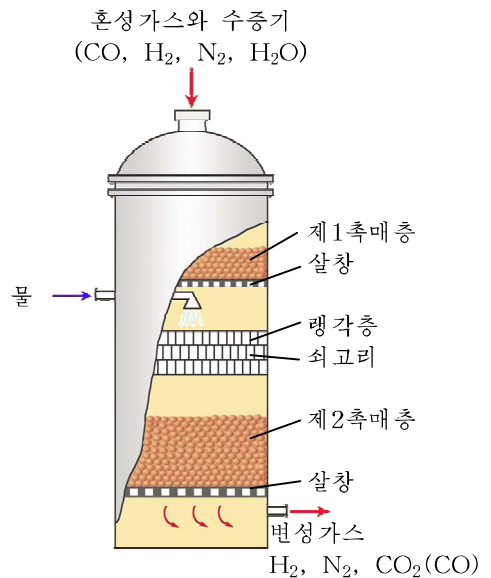



그림 1-26. 일산화탄소의 변성로

변성가스에는 H_2과 CO_2밖에 적은 량의 CO와 공기속에 있던 N_2이 함께 섞여있다. CO_2은 3MPa정도의 압력으로 물에 용해시켜 없앤다. CO는 초산디암민동(Ⅰ) $[Cu(NH_3)_2]CH_3COO$의 용액에 흡수시켜 없앤다.

$$[Cu(NH_3)_2]^+ + NH_3 + CO \rightleftarrows [Cu(NH_3)_3CO]^+$$

암모니아합성

CO_2와 CO를 없애면 변성가스에는 H_2과 N_2만 남게 되는데 이것을 원료로 하여 암모니아를 합성한다.

암모니아합성공정은 그림 1-27과 같다.

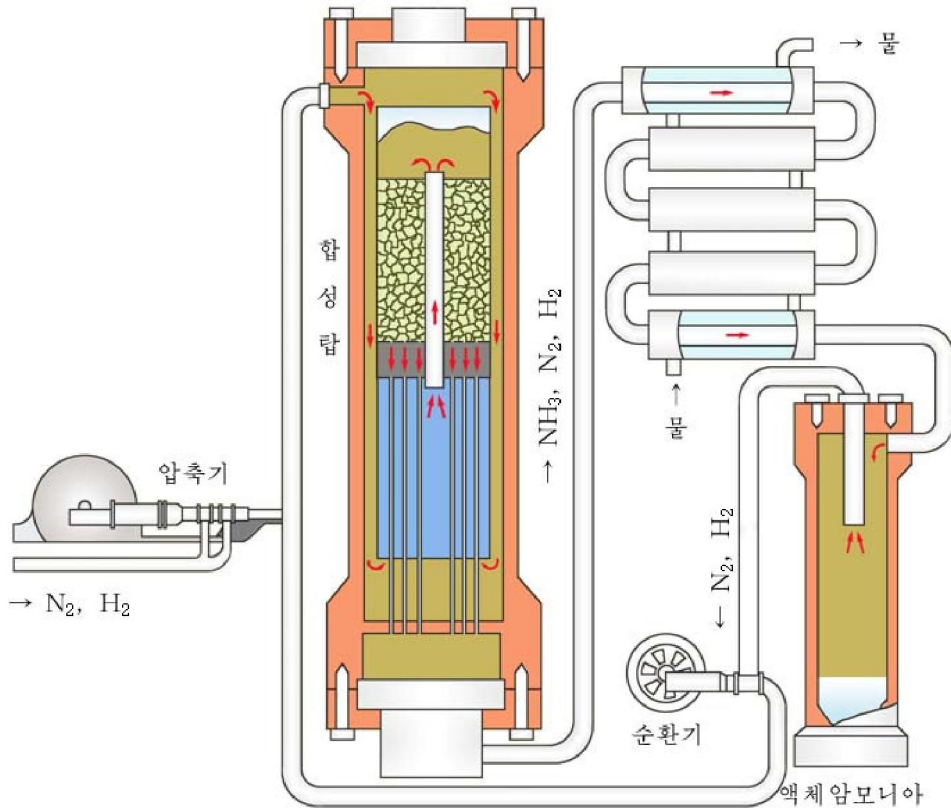



그림 1-27. 암모니아 합성공정

N_2과 H_2의 물질량비가 1:3인 혼합기체를 압축기에서 25MPa이상으로 압축하여 합성탑에 보낸다. 혼합기체는 합성탑의 아래부분의 관사이를 지나면서 400℃정도로 가열되여 촉매층으로 들어간다. 촉매층에서 암모니아합성반응이 일어난다. 생긴 NH_3과 반응하지 않은 N_2 및 H_2이 섞인 기체는 랭각기에서 식고 NH_3은 액체로 된다. N_2과 H_2은 NH_3과 갈라져나와 다시 합성탑으로 들어간다.

암모니아합성반응

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3; \quad \Delta H=-92kJ$$

은 활성화에네르기가 매우 큰(327kJ/㏖) 반응이다.

ⓘ 암모니아합성반응이 보통온도에서 일어날수 있는가?

암모니아합성반응이 평형에 빨리 이르게 하자면 어떤 조건을 지어주어야 하는가?

활성화에네르기를 낮추어야 반응속도가 빨라져 반응이 평형에 빨리 이르게 된다. 그러자면 촉매를 써야 한다. 암모니아합성반응의 촉매로는 철 Fe에 몇가지 산화물(Fe_2O_3, FeO, Al_2O_3, K_2O 같은것)을 넣은것을 쓴다. 섞어넣은 산화물은 촉매의 활성과 안정성을 높여준다.

철촉매를 쓰면 암모니아합성반응의 활성화에네르기가 160kJ/㏖로 낮아진다.

반응속도를 크게 하기 위하여서는 또한 반응온도를 높여야 한다. 암모니아합성반응은발열반응이여서 온도를 높이면(450℃) 평형은NH_3이 분해되는쪽으로 이동하기때문에 평형상태에서 NH_3의 농도는 작아지지만 단위시간당 생산량은 높아진다.

평형상태에서 NH_3의 농도를 크게 하려면 압력을 높여야 하는가 낮추어야 하는가?

그림 1-28에서 알수 있는것처럼 같은 온도에서 압력을 높일수록 암모니아가 생기는 비률이 높지만 높은 압력에 견디는 장치를 만들기 어려우므로 압력을 23~45MPa정도로 한다.

그림 1-28. 온도와 압력에 따르는 평형상태의 혼합기체(NH_3, N_2, H_2) 속에 들어있는 NH_3의 체적조성

매개 곡선은 일정한 압력에서 온도에 따르는 NH_3의 체적조성곡선이다. 압력이 0.1MPa로부터 60MPa로 높아짐에 따라 암모니아의 체적조성은 커진다.

ⓘ 왜 암모니아와 질소, 수소의 혼합기체의 온도를 낮출 때 먼저 암모니아만이 액체로 되는가?

문 제

1. 가스발생로에서 일어나는 탄과 수증기와의 열화학방정식은 다음과 같다.

$$C_{(고)} + H_2O_{(기)} = CO + H_2; \quad \Delta H=131kJ$$

반응물이 가지고있는 에네르기와 생성물이 가지고있는 에네르기는 어느것이 더 큰가?

2. 암모니아 3.4㎏을 만들 때 내는 열은 얼마이겠는가? (**답.** －9 200kJ)

3. 암모니아합성의 원료로 쓰이는 변성가스에 질소는 어떻게 되여 들어있게 되는가?

4. 10％ 암모니아수 100㎏을 만들려면 표준조건에서 수소와 질소가 각각 몇L 필요한가? (**답.** N_2 6 592L， H_2 19 712L)

제6절. 류산생산

산, 알카리는 화학공업의 기초물질로서 국방공업과 인민경제의 여러 부문에 널리 쓰인다.(그림 1-29)

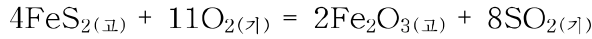
경애하는 수령님과 위대한 장군님께서는 자립적인 화학공업을 창설하는데서 기초화학공업이 가지는 의의를 깊이 헤아리시고 그것을 발전시키는데 선차적인 힘을 넣도록 현명하게 이끌어주시였다. 그리하여 오늘 우리 나라에서는 자체의 원료에 의거하는 기초화학공업이 빨리 발전하고있다.

그림 1-29. 인민경제에서 류산의 리용

류산은 세 단계를 거쳐 만든다.

광석태우기

황철광 FeS_2을 태워서 SO_2을 만드는 공정으로서 반응은 배소로에서 일어난다.

$$4FeS_{2(고)} + 11O_{2(기)} = 2Fe_2O_{3(고)} + 8SO_{2(기)}$$

이 반응은 고체와 기체사이의 반응이다. 따라서 기체와 닿는 고체의 겉면적을 크게 하여야 한다. 이로부터 황철광을 가루로 만들어 배소로옆으로 넣고 밑으로는 공기를 세게 불어넣어 가루광석이 물이 끓듯이 뒤번져지면서 타게 한다.(그림 1-30)

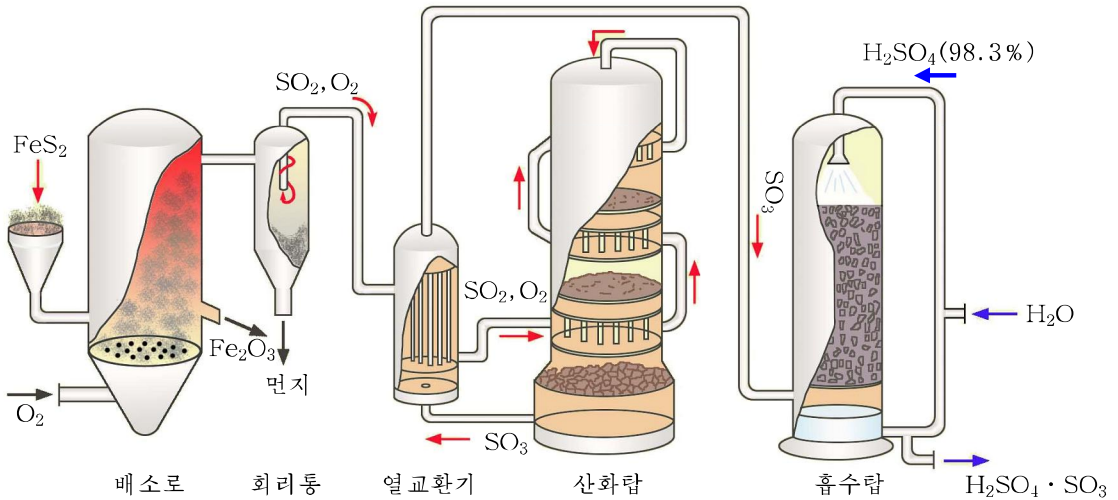



그림 1-30. 류산생산공정

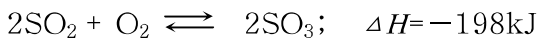
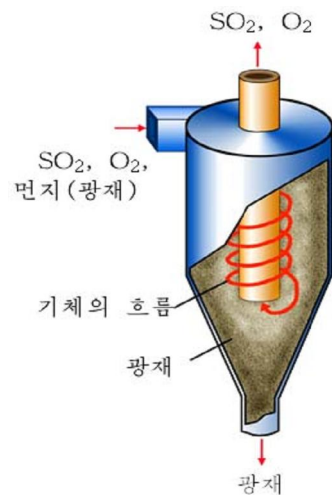
이때 얻어진 SO_2은 반응하고 남은 O_2과 먼지(광재가루)와 함께 회리통으로 들어간다. 회리통에서는 먼지가 잡힌다.(그림 1-31) 먼지가 말끔히 잡힌 SO_2과 O_2의 혼합기체는 열교환기에 들어가 440℃로 가열된다.

그림 1-31. 회리통에서 기체의 흐름

이산화류황의 산화

이산화류황을 산화시켜 삼산화류황으로 만드는 공정으로서 반응은 산화탑에서 일어난다.

$$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3; \quad \Delta H = -198kJ$$

이 반응은 활성화에네르기가 큰(251kJ/㏖) 반응이다.

반응속도를 빠르게 하려면 어떻게 하여야 하겠는가? 또한 SO_3이 많이 생기는 방향으로 평형을 이동시키려면 어떻게 하여야 하겠는가?

반응속도를 빠르게 하기 위해 열교환기에서 440℃정도로 가열된 SO_2과 O_2의 혼합기체를 산화탑에서 좀 더 가열시키면서 우로 올려보낸다. 산화탑꼭대기로 들어간 혼합기체는 V_2O_5촉매층을 뚫고 내려오면서 SO_3으로 산화된다. 이때 활성화에네르기는 92kJ/㏖로 낮아진다.

산화탑의 온도는 반응열에 의하여 580℃까지 이른다. 이 반응열을 효과적으로 리용하기 위하여 산화탑밑으로 나오는 SO_3기체는 열교환기를 거치면서 새로 산화탑으로 들어가는 SO_2과 O_2의 혼합기체에 열을 주고 흡수탑으로 들어간다.

이 반응은 체적이 작아지는 가역반응이지만 보통압력에서 일으킨다. 그것은 450℃정도에서도 거둠률이 좋기때문이다.(그림 1-32)

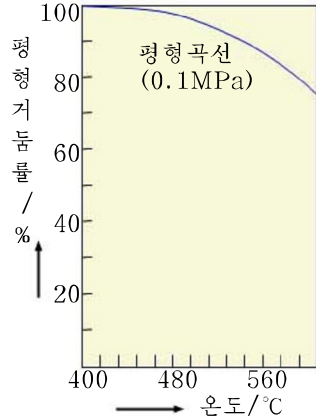



그림 1-32. SO_2의 산화반응에서 온도에 따르는 평형거둠률의 변화

이 곡선은 처음조성이 SO_2 7%, O_2 11%, N_2 82%인 가스를 산화시킨 경우로서 450℃에서 변화률이 97.5%이다. 촉매가 있을 때에는 대기압에서도 능히 95~98%의 변화률에 이르므로 구태여 압력을 높일 필요가 없다.

거둠률이란 생겨야 할 물질의 량에 대한 실제로 생긴 량의 백분률을 말한다.

평형거둠률이란 반응이 평형에 도달하였을 때의 변화률을 말한다.

삼산화류황과 물과의 작용

반응은 흡수탑에서 일어난다.

$$SO_3 + H_2O \rightleftarrows H_2SO_4; \quad \Delta H = -88kJ$$

생산공정에서 SO_3은 SO_2을 높은 온도에서 산화시켜 얻기때문에 기체상태로 얻어진다. 따라서 이 반응은 액체와 기체사이의 반응이다. 이로부터 접촉면적을 크게 하기 위하여 작은 사기고리가 채워져있는 흡수탑의 밑으로는 SO_3기체를 넣어주고 짙은 류산은 탑우에서 뿌려주어 마주 흐르게 한다. 이때 사기고리의 넓은 표면을 흘

러내리는 질은 류산에 있는 물과 SO_3이 반응하여 류산으로 된다.

평형을 류산이 생기는쪽으로 이동시키자면 온도를 낮추어야 한다. 이를 위해 흡수탑우에서 뿌려주는 류산의 량을 증가시킨다.

만일 흡수탑우에서 물을 뿌려주면 반응열에 의하여 많은 수증기가 생기게 되는데 이 수증기와 SO_3이 반응하여 류산안개가 생긴다. 이 류산안개는 액체류산으로 넘기기가 매우 어려우므로 류실될수 있다. 따라서 질은 류산을 뿌려준다.

제련소들에서는 금속의 류화물광(례컨대 아연생산에서 섬아연광 ZnS)을 태울 때 나오는 SO_2기체를 가지고 류산을 생산한다.

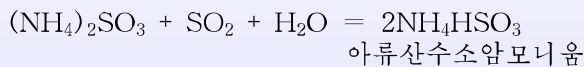
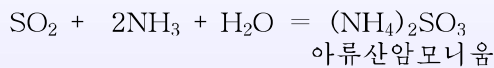
페가스중에서 이산화류황의 회수

류산이나 유색금속을 만들 때 페가스에는 SO_2기체가 들어있다. 이것이 대기중에 나오면 대기환경을 오염시켜 사람과 동식물에 피해를 준다. 따라서 페가스에서 SO_2을 말끔히 제거하는것은 대기오염으로부터 환경을 보호하고 원료를 효과적으로 리용하는데서 매우 중요하다.

페가스에 있는 SO_2은 흔히 암모니아수에 흡수시키는 방법으로 회수한다.

$$SO_2 + 2NH_3 + H_2O = (NH_4)_2SO_3$$

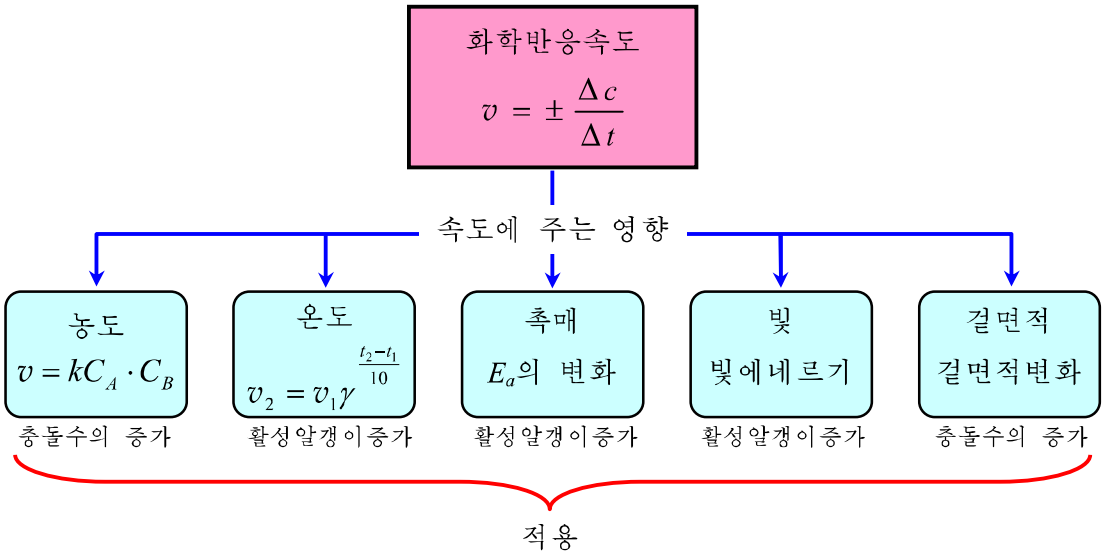
아류산암모니움

$$(NH_4)_2SO_3 + SO_2 + H_2O = 2NH_4HSO_3$$

아류산수소암모니움

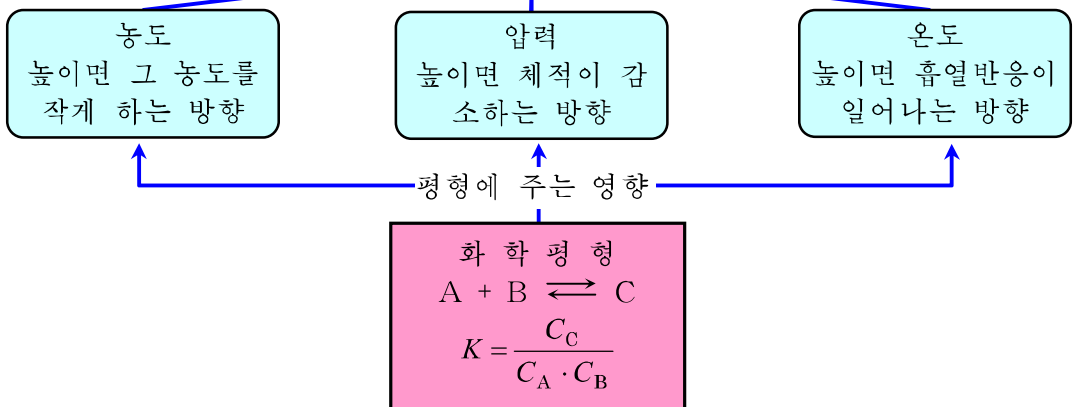
아류산수소암모니움이 일정한 농도까지 이르면 그것을 질은 류산과 반응시킨다.

$$2NH_4HSO_3 + H_2SO_4 = 2SO_2\uparrow + (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$$

반응에서 생긴 SO_2의 농도는 95%까지 되는데 이것은 액체이산화류황을 만드는데 쓰고 $(NH_4)_2SO_4$용액은 결정화, 분리, 건조과정을 거쳐 류안비료로 쓴다.

장 종합

반　　응	반 응 조 건
$CO + H_2O \rightleftarrows CO_2 + H_2$; ΔH=-49kJ	$C_{H_2O} : C_{CO} = 4:1$, 최적온도 450℃, 촉매:Fe_2O_3
$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$; ΔH=-92kJ	촉매:철, 최적온도 450℃, 압력 23~45MPa
$4FeS_{2(고)} + 11O_2 = 2Fe_2O_{3(고)} + 8SO_2$	FeS_2을 가루상태로 만든다.(겉면적증가)
$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3$; ΔH=-198kJ	촉매 V_2O_5(NO), 최적온도 450℃, 보통압력

적용

밖으로부터 어떤 작용을 가하면 그 작용을 줄이는 방향으로 반응이 진행되여 새로운 평형이 이루어진다.

복습문제

1. 화학반응속도에 농도, 온도, 촉매, 빛 등의 영향이 미치게 되는 원인은 무엇이며 그 밑바탕에 다갈이 무슨 리치가 깔려있는가?

2. 화학반응속도에 미치는 농도, 온도, 촉매의 영향은 제가끔 화학반응속도식 $v=kC_A \cdot C_B$의 어느 마디에서 표현되는가?

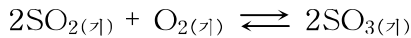
3. 암모니아의 산화반응 $4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{\text{촉매}} 4NO + 6H_2O$에서 매개 물질들의 농도 변화로 표시한 반응속도식을 써라.

4. 반응 $4NH_{3(기)} + 5O_2 \rightleftarrows 4NO + 6H_2O_{(기)}$이 체적이 5L인 밀페된 용기에서 진행되였다. 30s후 NO의 량이 0.3㏖ 증가되였다. 이 반응의 속도 v는 어떻게 되겠는가? 맞는 답을 찾아라.

ㄱ) $v_{(O_2)}$=0.01㏖/(L・s)　　　ㄴ) $v_{(NO)}$= 0.008㏖/(L・s)

ㄷ) $v_{(H_2O)}$=0.003㏖/(L・s)　　　ㄹ) $v_{(NH_3)}$=0.002㏖/(L・s)

5. 체적이 서로 같은 두개의 그릇 A와 B가 있다. A의 체적은 변하지 않는 밀페된 용기이고 B는 체적이 변할수 있고 미끄럼나들개를 가지고있으며 외부는 압력이 변하지 않도록 유지하는 밀페된 용기이다. 이 A와 B용기에 동일한 량의 SO_2과 O_2을 채워넣고 같은 온도에서 반응시켰다.

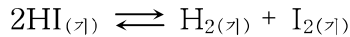
$$2SO_{2(기)} + O_{2(기)} \rightleftarrows 2SO_{3(기)}$$

평형에 이른 후 A그릇에서 SO_2의 변화률은 P%이다.

B그릇안의 SO_2의 변화률은 어떠한가? 맞는 답을 찾아라.

ㄱ) P%와 같다.　　ㄴ) P%보다 크다.

ㄷ) P%보다 작다.　ㄹ) 비교할 방법이 없다.

6. 고체 NH_4I를 체적이 고정된 밀페된 용기에 넣고 일정한 온도에서 다음의 반응을 진행시켰다.

$$NH_4I_{(고)} \rightleftarrows NH_{3(기)} + HI_{(기)}$$
$$2HI_{(기)} \rightleftarrows H_{2(기)} + I_{2(기)}$$

반응이 평형에 이르렀을 때 C_{H_2}=0.5㏖/L, C_{HI}=4㏖/L였다. C_{NH_3}의 농도는 얼마인가? 맞는 답을 찾아라.

ㄱ) 3.5㏖/L,　ㄴ) 4㏖/L,　ㄷ) 4.5㏖/L,　ㄹ) 5㏖/L

7. 반응 $H_2 + I_2 = 2HI$의 처음농도가 제가끔 C_{H_2}=0.027㏖/L, C_{I_2}=0.025㏖/L이다. 10min 지난 뒤에 C_{H_2}=0.025㏖/L로 되였다면 C_{I_2}와 C_{HI}는 얼마로 되겠는가? (**답.** C_{I_2}=0.023㏖/L, C_{HI}=0.004㏖/L)

8. 반응 $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$; ΔH=-92kJ에 대하여 다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) 정반응의 활성화에네르기는 327kJ/㏖이다. 역반응의 활성화에네르기는 얼마인가?

ㄴ) 정반응과 역반응의 반응열은 제가끔 얼마인가?

ㄷ) 반응의 《에네르기고개》를 그림으로 그려라.

ㄹ) 월프람촉매를 쓰면 역반응의 활성화에네르기가 335.4kJ/㏖로 된다. 정반응의 활성화에네르기는 얼마로 되는가?

ㅁ) 월프람촉매를 쓸 때 정반응과 역반응의 반응열은 제가끔 얼마인가?

9. 화학평형과 관련하여 □안에 알맞는 말을 써넣어라.

ㄱ) 반응물의 농도를 □하거나 또는 생성물의 농도를 □하면 평형은 정반응의 방향으로 이동한다. 반대로 반응물의 농도를 □하거나 또는 생성물의 농도를 □하면 평형은 역반응의 방향으로 이동한다.

ㄴ) 온도를 높이면 평형은 □이 일어나는 방향으로, 온도를 낮추면 평형은 □이 일어나는 방향으로 이동한다.

ㄷ) 기체들사이의 반응에서 압력을 높이면 체적이 □는 방향으로, 압력을 낮추면 체적이 □는 방향으로 □이 이동한다.

10. 373K에서 0.5㏖의 N_2O_4기체를 5L의 진공그릇에 넣고 반응시켰다. 반응이 1min 진행되였을 때 계는 이미 평형에 도달하였다. 이때 용기안의 압력은 처음보다 1.6배였다. 평형때 다음의 물질들에 대한 반응속도표시에서 정확한것은 어느것인가?

ㄱ) $v_{(N_2O_4)}$=0.06㏖/(L・s)　　ㄴ) $v_{(NO_2)}$=0.001㏖/(L・s)

ㄷ) $v_{(N_2O_4)}$=0.001㏖/(L・s)　　ㄹ) $v_{(NO_2)}$=0.12㏖/(L・s)

11. 질소와 수소가 1:3의 체적비로 들어있는 닫긴 그릇속에서 전기불꽃을 일으키니 암모니아가 조금 생긴 상태에서 평형이 이루어졌다.

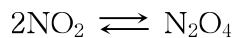
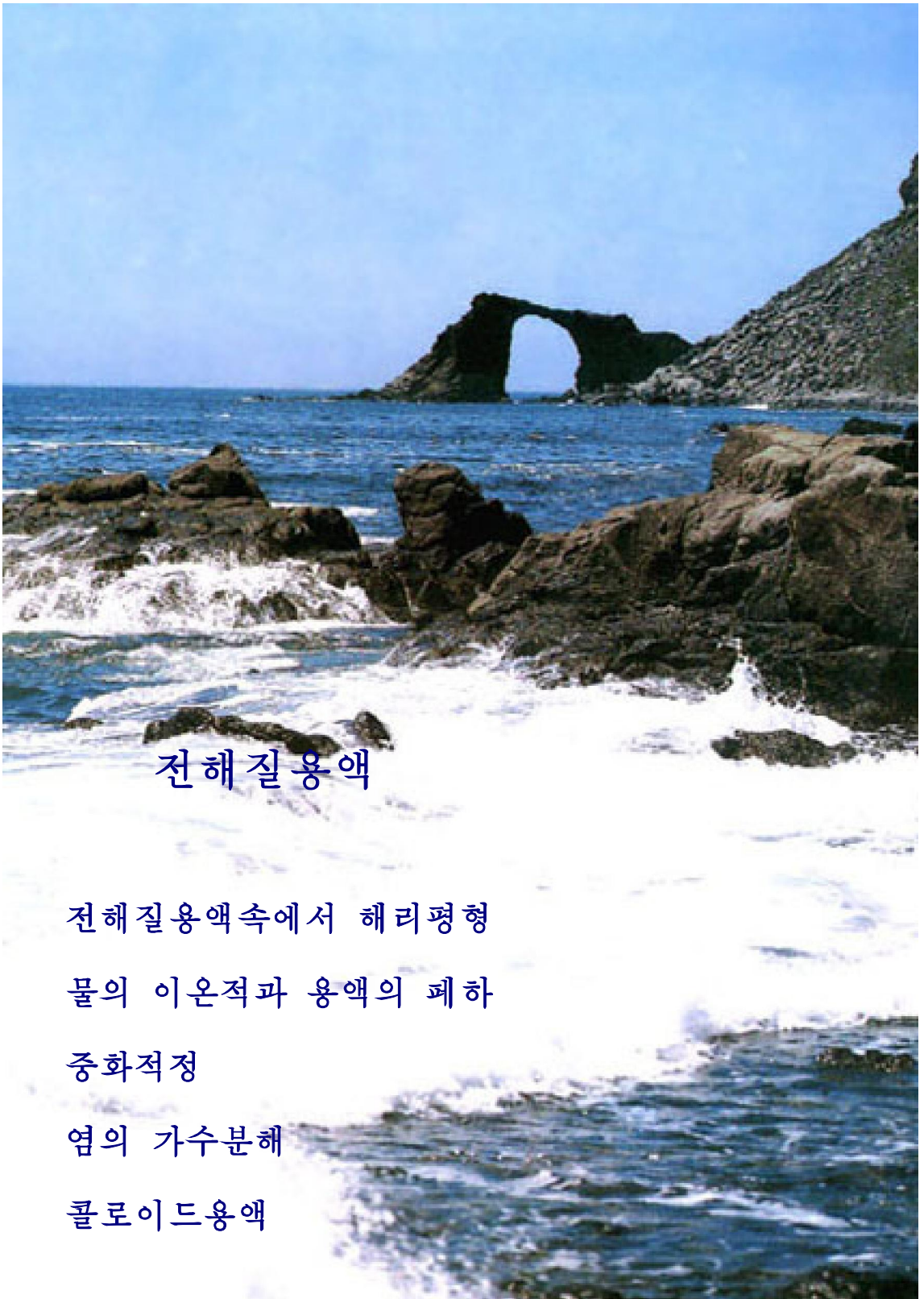
그러나 이 그릇에 류산을 얼마간 넣고 전기불꽃을 일으키면 평형은 정반응방향으로 이동한다. 다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) 류산을 넣었을 때 평형은 왜 정반응방향으로 이동하겠는가?

ㄴ) 질소와 수소가 완전히 반응하였다고 생각하고 그 생성물이 밀도가 1.84g/cm^3인 98% 류산용액 50mL와 남김없이 반응하였다면 수소와 질소가 처음에 몇L(표준조건)씩 들어있었으며 반응그릇에 어떤 물질이 몇g 생기겠는가?

(**답.** H_2 61.80L, N_2 20.6L, $(NH_4)_2SO_4$ 121.44g)

12. 체적이 1L되는 그릇안에 NO_2이 3㏖ 들어있는데 일정한 온도에서 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4$$

이 반응의 평형상수 K=7.15이다. 평형에 도달했을 때 그릇안의 NO_2의 농도는 얼마인가? (**답.** 0.4㏖/L)

전해질용액

전해질용액속에서 해리평형

물의 이온적과 용액의 페하

중화적정

염의 가수분해

콜로이드용액

제2장. 전해질용액

우리가 자주 만나는 액체는 거의 모두 전해질용액이거나 콜로이드용액이다. 전해질용액과 콜로이드용액은 우리 생활에서는 물론 화학생산과 동식물의 생명활동에서 매우 중요한 의의를 가진다.

이 장에서는 전해질용액과 콜로이드용액의 특성과 리용에 대하여 학습한다.

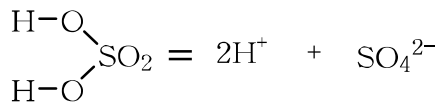
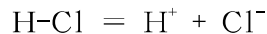
제1절. 전해질용액속에서의 해리평형

전해질과 그의 해리

염화나트리움이나 질산칼리움과 같은 이온화합물은 물에 용해되는 과정이 곧 이온결정으로부터 하나하나의 이온들이 떨어져나오는 해리과정이다. 따라서 이온화합물의 용액속에는 용질알갱이들이 주로 이온으로만 존재한다.

염화수소, 류산과 같은 물질은 공유결합으로 이루어진 물질이지만 결합 H-Cl이나 H-O는 센 극성을 띤다. 따라서 이러한 화합물도 이온화합물과 마찬가지로 물에 용해될 때 물분자에 의하여 해리되며 묽은 수용액속에서는 거의 이온상태로 존재한다.

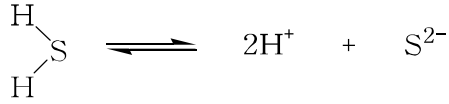
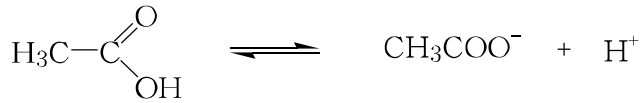
$$\text{H-Cl} = \text{H}^+ + \text{Cl}^-$$

$$\begin{matrix}\text{H-O} \\ \text{H-O}\end{matrix}\!\!>\!\text{SO}_2 = 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$$

이와 같이 수용액속에 용해된 물질이 거의 모두 이온으로 해리되는 전해질을 **센전해질**이라고 부른다.

? 결합 H-Cl이 센 극성을 나타내는것은 무엇때문인가?

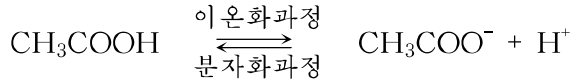
공유결합으로 이루어진 물질가운데서 초산 CH_3COOH, 류화수소 H_2S와 같은 것은 결합의 극성이 약하여 용해된 분자들의 일부만이 해리되고 나머지는 분자상태로 존재한다. 이와 같이 수용액에서 용해된 분자들의 일부만이 해리되는 전해질을 **약전해질**이라고 부른다. 그러므로 약전해질의 수용액속에서는 이온과 해리되지 않은 분자가 함께 존재한다.

$$H_3C-C(=O)OH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$$

※ 센전해질이지만 물에 거의 용해되지 않는 이온화합물인 염기도 약염기로 본다.

약전해질의 해리평형

초산과 같은 약전해질의 수용액속에서는 분자가 이온으로 해리되는 이온화과정과 해리된 이온들이 다시 결합하여 분자로 되는 분자화과정이 함께 일어나며 이 두 과정의 속도가 같아져 해리평형을 이룬다.

$$CH_3COOH \underset{\text{분자화과정}}{\overset{\text{이온화과정}}{\rightleftharpoons}} CH_3COO^- + H^+$$

전해질의 해리정도는 해리평형상태에서 따져보아야 한다.

해리도. 수용액에서 약전해질이 해리되는 정도는 물질마다 서로 다르다. 해리되는 정도의 크기는 해리도로써 나타낸다.

물에 용해된 전해질가운데서 해리된 전해질의 몫(또는 %)을 **해리도**라고 부르며 기호 α로 나타낸다.

$$\alpha = \frac{\text{해리된 전해질의 분자수}}{\text{용해된 전해질의 분자수}} = \frac{\text{해리된 전해질의 물질량}}{\text{용해된 전해질의 물질량}}$$

※ α에 100을 곱하여 %로 나타낼수도 있다.

례컨대 농도가 0.1㏖/L인 초산용액의 초산분자 10 000개 가운데서 132개가 해리되였다면 초산의 해리도는 다음과 같다.

$$\alpha = \frac{132}{10000} = 0.0132 \quad \text{또는} \quad \alpha = \frac{132}{10000} \times 100 = 1.32(\%)$$

해리도는 전해질의 종류, 온도, 농도에 따라 값이 다르며 약전해질의 해리도는 1보다 훨씬 작다. 센전해질의 해리도는 농도에 관계없이 거의 1에 가깝다.

이로부터 전해질의 해리도값을 보고 센전해질인가 약전해질인가를 평가할수 있다.

약전해질의 해리도(25℃, 0.1㏖/L) 표 2-1

전해질	화학식	해리도 α	전해질	화학식	해리도 α
불화수소산	HF	8.0×10^{-2}	초산	CH_3COOH	1.32×10^{-2}
아질산	HNO_2	7.16×10^{-2}	시안화수소산	HCN	0.01×10^{-2}
개미산	HCOOH	4.24×10^{-2}	암모니아수	NH_3H_2O	1.33×10^{-2}

해리상수. 약전해질의 해리평형을 화학평형과 같이 취급하여 해리평형상수(해리상수)를 이끌어낼수 있다. 례컨대 초산의 해리평형($CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$)에서 평형상수는 다음과 같다.

$$K_{해} = \frac{C_{CH_3COO^-} \cdot C_{H^+}}{C_{CH_3COOH}} \quad \text{(해리상수식)}$$

여기에서 C는 해리평형상태에서의 농도이다.

해리상수 $K_{해}$는 주어진 온도에서 농도에 관계없이 일정하다.

참 고

약산의 해리상수(25℃)

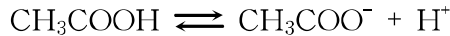
전해질의 해리반응	$K_{해}$
매우 약한 산	
$HClO \rightleftharpoons H^+ + ClO^-$	3.6×10^{-8}
$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$	1.1×10^{-7}
$H_3BO_3 \rightleftharpoons H^+ + H_2BO_3^-$	7.3×10^{-10}
약산	
$H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3^-$	1.5×10^{-2}
$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$	7.5×10^{-3}
$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$	1.75×10^{-5}

$K_{해}$가 크다는것은 해리되여 생긴 이온의 농도가 크다는것을 의미하며 따라서 $K_{해}$의 값의 크기를 가지고 약전해질의 세기를 비교할수 있다.

례컨대 초산과 시안화수소산은 모두 약한 산인데 25℃에서 농도가 0.1㏖/L인 초산용액의 $K_{해}$값은 1.75×10^{-5}이며 같은 농도에서 시안화수소산의 $K_{해}$값은 4.93×10^{-10}이다. 그러므로 시안화수소산은 초산보다 더 약한 산이다. 이와 같이 해리도와 해리상수는 모두 약전해질의 상대적세기를 나타내는 값들이다.

Ⓟ 시안화수소산의 해리방정식과 해리상수식을 어떻게 나타낼수 있는가?

해리도와 해리상수와의 관계. 농도가 Cmol/L인 초산용액의 해리도를 α라고 하면 해리평형상태에서 용액속에 들어있는 초산분자와 이온들의 농도는 다음과 같다.

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

	CH_3COOH	CH_3COO^-	H^+
해리되기 전 농도	C	0	0
평형상태에서의 농도	$C-C\alpha$	$C\alpha$	$C\alpha$

따라서

$$K_{해}=\frac{C\alpha\cdot C\alpha}{C(1-\alpha)}=\frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

매우 약한 전해질인 경우 α는 1보다 매우 작다. 따라서 $1-\alpha\approx1$로 볼수 있다. 이러한 경우 웃식을 다음과 같이 쓸수 있다.

$$K_{해}=C\alpha^2 \quad 또는 \quad \alpha=\sqrt{\frac{K_{해}}{C}}$$

식에서 $K_{해}$값은 주어진 온도에서 일정하므로 약전해질의 해리도 α는 전해질의 농도에 반비례한다. 즉 전해질의 농도가 작을수록 해리도는 커진다.

초산의 농도와 해리도와의 관계(25℃) 표 2-2

초산의 농도/mol·L^{-1}	해리도(α)
1.0	0.004
0.1	0.013
0.01	0.042
0.001	0.13
0.000 1	0.34

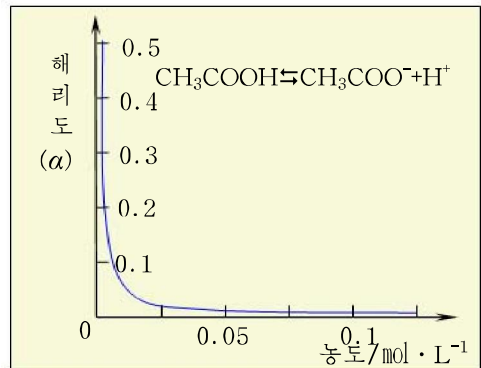



그림 2-1. 초산의 농도와 해리도

례제 1: 25℃에서 농도가 0.1mol/L인 초산용액에 들어있는 수소이온의 농도는 얼마인가?(초산의 $K_{해}=1.75\times10^{-5}$)

풀이. $\alpha=\sqrt{\frac{K_{해}}{C}}=\sqrt{\frac{1.75\times10^{-5}}{0.1}}=1.32\times10^{-2}$

$$C_{H^+}=C\alpha=0.1\text{mol/L}\times1.32\times10^{-2}=1.32\times10^{-3}\text{mol/L}$$

답. 1.32×10^{-3}mol/L

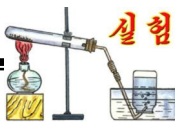
례제 2: 어떤 온도에서 농도가 0.2㏖/L인 암모니아수의 해리도는 0.934％이다. 암모니아수의 해리상수는 얼마인가?

풀이. $\alpha=\sqrt{\frac{K_{해}}{C}}$ 로부터

$$K_{해}=C\alpha^2=0.2\times(0.934\times10^{-2})^2=1.74\times10^{-5}$$

답. 1.74×10^{-5}

용해과정에서의 열현상

용질이 용매에 용해될 때에는 열이 나든다.

용해과정에 열이 나든다

흰색의 무수류산동가루와 푸른색의 류산동결정을 제가끔 물에 용해시키면서 온도가 오르고내리는것을 관찰한다.

무수류산동 $CuSO_4$이 물에 용해될 때에는 온도가 올라가고 류산동결정 $CuSO_4\cdot5H_2O$가 용해될 때에는 온도가 내려간다. 이러한 현상이 왜 나타나겠는가?

전해질이 물에 용해될 때에는 이온으로 해리되므로 해리에네르기만 한 열을 빨아들인다.

류산동 1㏖이 이온으로 해리할 때에는 11.7kJ의 열을 빨아들인다.

해리된 이온이 수화될 때에는 이온과 물분자가 결합되므로 열을 내보낸다.

Cu^{2+}와 SO_4^{2-}가 1㏖씩 수화될 때에는 77.8kJ의 열을 내보낸다. 무수류산동이 물에 용해될 때에는 이온으로 해리되는 과정과 이온의 수화과정이 함께 일어난다.

그러므로 77.8-11.7=66.1(kJ)의 열이 밖으로 나온다.

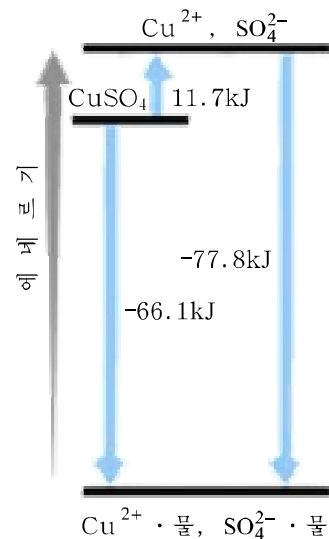



그림 2-2. 류산동 1㏖의 용해과정에서의 에네르기변화

물질 1㏖이 해리될 때 빨아들이는 열을 $\triangle H_{해리}$, 수화될 때 내보내는 열(수화열)을 $\triangle H_{수화}$라고 하면 용해열 $\triangle H_{용해}$는 다음과 같다.

$$\triangle H_{용해} = \triangle H_{해리} + \triangle H_{수화}$$

용해열이란 물질 1㏖이 물에 용해될 때 나드는 열을 말한다.

? 가성소다가 물에 용해될 때에는 용액이 더워지고 소금이 용해될 때에는 차진다. 이 현상을 어떻게 설명하겠는가?

례제 3: $CaCl_2$의 용해열은 -75kJ/㏖이고 해리될 때의 열은 18kJ/㏖이다. $CaCl_2$의 수화열은 얼마인가?

풀이. $\triangle H_{용해} = \triangle H_{해리} + \triangle H_{수화}$

따라서 $\triangle H_{수화} = \triangle H_{용해} - \triangle H_{해리} = -75-18 = -93$(kJ/㏖) **답.** -93kJ/㏖

문 제

1. 25℃에서 시안화수소산의 $K_{해}$의 값은 4.93×10^{-10}이다. 농도가 0.01㏖/L인 시안화수소산의 해리도와 수소이온의 농도는 얼마인가?

(**답.** 2.23×10^{-4}, 2.23×10^{-6}㏖/L)

2. 다음의 물질가운데서 전기를 흘러보낼수 있는것과 없는것을 갈라내고 그 원인을 밝혀라.

ㄱ) 수산화칼시움용액, ㄴ) 염화마그네시움결정, ㄷ) 순수한 초산,
ㄹ) 염화나트리움결정, ㅁ) 사탕용액, ㅂ) 초산나트리움용액

3. 다음 물질가운데서 센전해질과 약전해질은 각각 어느것인가?

ㄱ) 붕산, ㄴ) 수산화바리움, ㄷ) 류산동, ㄹ) 린산, ㅁ) 수산화칼시움,
ㅂ) 염화은, ㅅ) 시안화수소산, ㅇ) 개미산

4. 비전해질, 센전해질, 약전해질은 무엇으로 가려볼수 있는가?

5. 어떤 온도에서 농도가 1㏖/L인 초산용액의 해리도는 0.001이다. 이 용액에서의 매 이온의 농도와 초산분자의 농도, 해리상수는 얼마인가?

(**답.** $C_{CH_3COO^-}=0.001$㏖/L, $C_{H^+}=0.001$㏖/L,
$C_{CH_3COOH}=0.999$㏖/L, $K_{해}=1\times10^{-6}$)

6. $CuSO_4$의 용해열은 -66.1kJ/㏖이다. 4g의 $CuSO_4$을 물에 용해시켰다.

ㄱ) 이때 얼마만한 열이 나오겠는가?
ㄴ) 얻어진 열로 500g짜리 동그릇[비열 0.163J/(g·K)]의 온도를 몇℃ 더 올릴수 있겠는가?
ㄷ) 류산동 4g이 용해될 때의 에네르기변화과정을 그림으로 나타내여라.

(**답.** ㄱ) 1.66kJ, ㄴ) 20.2℃)

제2절. 물의 이온적과 용액의 페하

전해질용액을 연구할 때에는 늘 용액의 산성과 염기성에 대하여 주의를 돌린다.

전해질용액의 산성과 염기성은 물의 해리와 밀접히 련관되여있다. 그러므로 수용액의 산성과 염기성의 본질을 리해하려면 물의 해리과정을 잘 알고있어야 한다.

물의 이온적

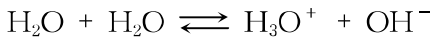
물은 매우 적게 해리되여 평형상태를 이룬다.(보통온도에서 물분자는 10억개중에서 2개정도 해리된다.)

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

간단히 쓰면 다음과 같다.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

온도에 따르는 물의 이온적의 값 표 2-3

온도/℃	$K_{물}$
10	0.29×10^{-14}
20	0.68×10^{-14}
25	1.01×10^{-14}
30	1.47×10^{-14}

따라서 해리상수식은 다음과 같이 쓸수 있다.

$$K_{해} = \frac{C_{H^+} \cdot C_{OH^-}}{C_{H_2O}} = 1.8\times10^{-16}$$

여기에서 C_{H_2O}는 일정하다고 볼수 있다. 그것은 물분자 55.6㏖이 들어있는 물 1L에서 겨우 10^{-7} ㏖의 물분자가 해리되므로 해리되여 없어진 물의 농도는 무시할수 있기때문이다. 이로부터 웃식을 다음과 같이 쓸수 있다.

$$K_{해} \cdot C_{H_2O} = C_{H^+} \cdot C_{OH^-}$$

$K_{해}$가 상수이고 C_{H_2O}가 일정하므로 왼쪽항이 상수로 된다. 이것을 $K_{물}$이라고 하면 다음과 같이 된다.

$$K_{물} = C_{H^+} \cdot C_{OH^-}$$

$K_{물}$은 결국 물의 해리평형에서의 수소이온과 수산이온의 농도적이다.

이로부터 $K_{물}$을 **물의 이온적**이라고 부른다. 물의 이온적값은 수용액에서는 산이나 염기의 농도가 변하여도 일정하며 온도에 따라서만 변한다.

※ 중화반응의 반대과정인 물의 해리반응은 흡열반응이기때문에 온도가 높아지면 $K_{물}$은 커진다.

25℃에서 물의 이온적의 값은 1×10^{-14} $(㏖/L)^2$이다. 그런데 순수한 물에서는 $C_{H^+} = C_{OH^-}$이므로 $C_{H^+} = C_{OH^-} = 1\times10^{-7}$ ㏖/L이다.

산성, 염기성, 중성에서의 수소이온농도

물의 이온적의 값이 일정하므로 수용액의 산성, 염기성, 중성을 수소이온농도만으로 표시할수 있다.

중성에서는 $C_{H^+} = C_{OH^-}$ 이므로

$$C_{H^+} = \sqrt{K_{물}} = \sqrt{1\times10^{-14}} = 1\times10^{-7}\ \text{mol/L}$$

산성에서는 $C_{H^+} > C_{OH^-}$ 이므로

$$C_{H^+} > 1\times10^{-7}\ \text{mol/L}\ (1\times10^{-6},\ 10^{-5},\ 10^{-4}\cdots)$$

염기성에서는 $C_{H^+} < C_{OH^-}$ 이므로

$$C_{H^+} < 1\times10^{-7}\ \text{mol/L}\ (1\times10^{-8},\ 10^{-9},\ 10^{-10}\cdots)$$

그런데 수용액의 산성, 염기성을 C_{H^+} 로 나타내면 그 값이 매우 작으므로 쓰기 불편하다. 따라서 페하의 개념을 도입한다.

페하 pH

페하란 수소이온농도의 상용로그의 -값을 말한다. 그리고 기호 pH로 나타낸다.

$$pH = -\lg C_{H^+}$$

따라서 $C_{H^+} = 10^{-x}$ 인 경우 $pH = x$ 이다.

이로부터 수용액의 중성, 산성, 염기성을 페하로 나타내면 다음과 같다.

중성: $pH = -\lg 1\times10^{-7} = 7$

산성: $pH < 7$ (6,5,4 …)

염기성: $pH > 7$ (8,9,10 …)

묽은 수용액에서 페하값의 범위는 0～14까지로 정한다.

※ **수산지수**(pOH)-용액에서 수산이온농도의 상용로그의 －값을 말한다. 즉

$$pOH = -\lg C_{OH^-}$$

이로부터 pOH+pH=14이다.

ⓘ 물에서도, 산용액에서도, 염기용액에서도 25℃에서는 $C_{H^+}\cdot C_{OH^-} = 1\times10^{-14}$ 이다. 그 원인은 무엇인가?

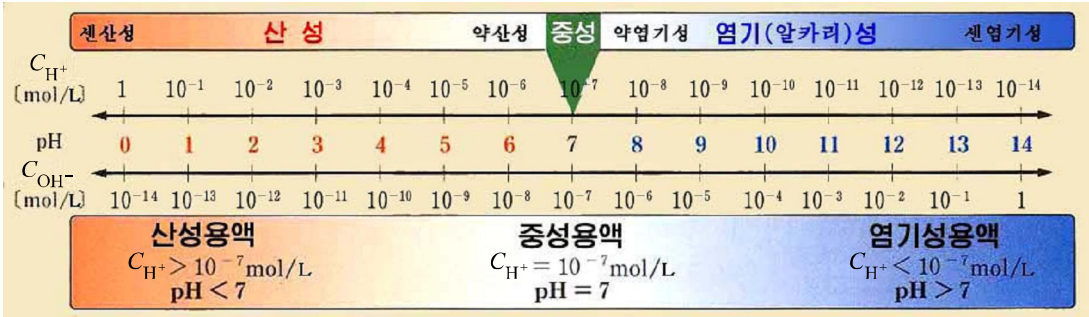



그림 2-3. 용액의 산성과 염기성

용액의 pH 알아보기

용액의 pH를 정확히 알아내는것은 생산과 실천에서 매우 중요하다.

용액의 pH는 흔히 산염기알림약, pH지, pH메터 등을 리용하여 알아낼수 있다.

그림 2-4. pH지와 pH메터

인체내에서 체액의 정상 pH

혈액	7.35~7.45	타액	6.6~7.1
위액	0.9~1.5	젖	6.6~7.6
담즙	7.1~7.3	소화효소	7.5~8
오줌	4.7~8.4		

산염기알림약은 보통 약한 유기산이거나 약염기이다. 이것들의 색갈은 일정한 pH구간에서 변화된다.

알림약의 색갈이 변화되는 pH구간을 알림약의 **변색구간**이라고 부른다.

몇가지 알림약의 변색구간은 그림 2-5와 같다.

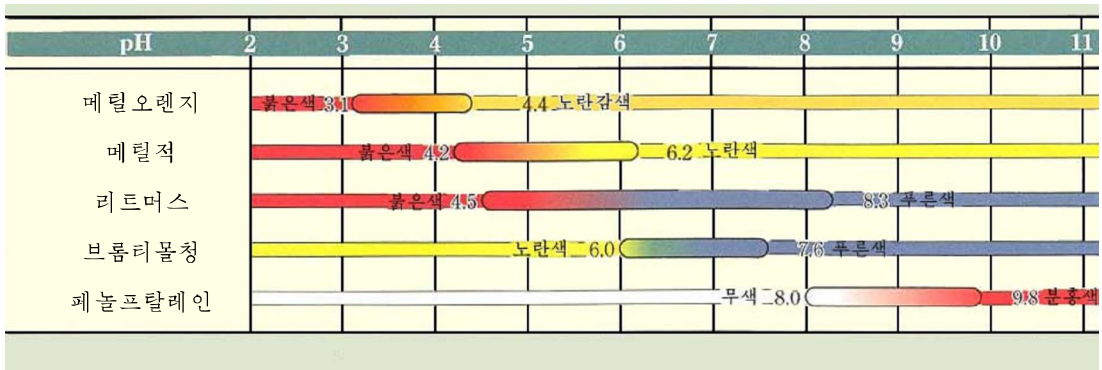



그림 2-5. 알림약의 변색구간

알림약으로는 용액이 산성인가 염기성인가 하는것만을 알수 있다. 용액의 pH값은 대체로 pH지로 알아낸다. 용액의 정확한 페하는 pH메터를 리용하여 알아낸다.

몇가지 물질들의 pH값을 그림 2-6에 주었다.

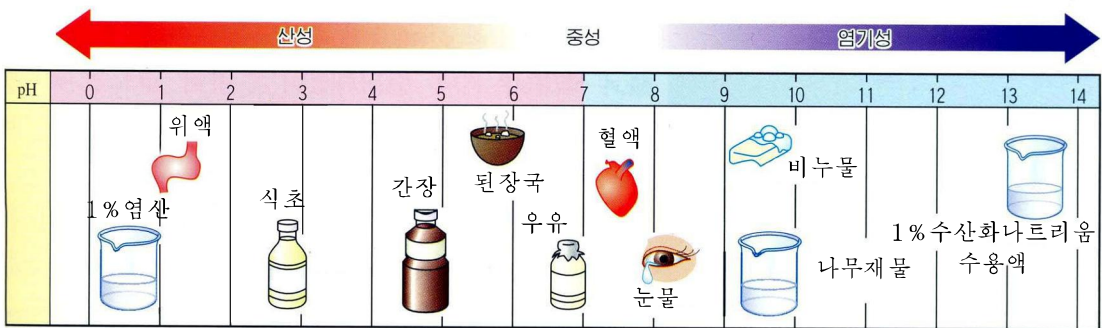



그림 2-6. 몇가지 물질의 pH

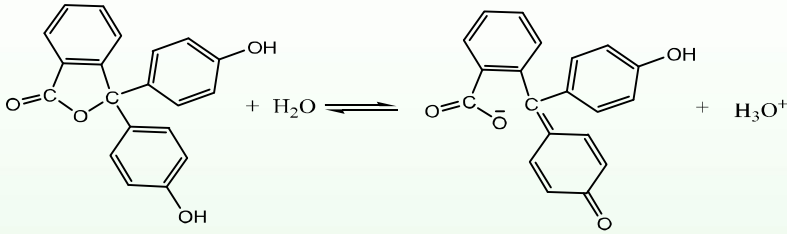
ⓘ C_{OH^-}가 10^{-5} ㏖/L인 용액의 C_{H^+}와 pH는 얼마인가?

ⓘ C_{H^+}가 10^{-6} ㏖/L인 산성용액과 C_{OH^-}가 10^{-10} ㏖/L인 용액의 pH는 얼마인가?

회가루물, 식초, 소금물, 맛내기용액, 사과즙, 감자즙, 오이즙, 배추즙, 무우즙, 침의 pH를 pH지로 알아보아라.

페놀프탈레인이 염기성에서 분홍색을 나타내는 원인

페놀프탈레인용액은 다음과 같은 해리평형상태에 놓여있다.

분자상태(무색) $+ H_2O \rightleftharpoons$ 이온상태(분홍색) $+ H_3O^+$

알카리를 조금 용액에 넣으면 OH^-이 H_3O^+와 작용하여 물로 되면서 H_3O^+의 농도가 작아진다. 따라서 해리평형은 H_3O^+가 생기는쪽으로 이동하기때문에 pH가 8~10정도에 이르면 분홍색이 나타난다.

문 제

1. 0.000 1㏖/L와 0.01㏖/L NaOH용액의 pH는 얼마인가? (**답.** 10, 12)

2. 용액의 pH=3인 경우는 6인 경우보다 수소이온농도가 몇배나 큰가? (**답.** 1 000배)

3. 가성소다 0.2g을 물에 풀어 500mL의 용액을 만들었다. 이 용액의 C_{H^+}, C_{OH^-}, pH는 얼마인가? (**답.** $C_{H^+}=10^{-12}$㏖/L, $C_{OH^-}=10^{-2}$㏖/L, pH=12)

4. C_{OH^-}에 맞는 pH값에 줄을 그어라.

ㄱ) 6.5×10^{-6}㏖/L　　11.14

ㄴ) 1.4×10^{-3}㏖/L　　8.81

ㄷ) 9×10^{-9}㏖/L　　8.94

ㄹ) 8.7×10^{-6}㏖/L　　5.95

5. H^+농도에 맞는 pH값에 줄을 그어라.

ㄱ) 1×10^{-3}㏖/L　　3.52

ㄴ) 0.01㏖/L　　3

ㄷ) 3×10^{-4}㏖/L　　2

6. 세가지 용액 A, B, C가 있다. A에서 pH는 5, B에서 $C_{H^+}=10^{-4}$㏖/L, C에서 $C_{OH^-}=10^{-13}$㏖/L이다. 어느 용액의 산성이 가장 센가?

제3절. 중화적정

중화반응에 기초하여 표준적정용액(농도를 정확히 알고있는 산이나 염기용액, 간단히 적정용액이라고 부른다.)과 알림약을 리용하여 산이나 염기의 농도를 알아내는 조작을 **중화적정**이라고 부른다. 이때 농도를 모르는 산의 농도는 표준염기용액으로, 염기의 농도는 표준산용액으로 알아낸다. 알림약으로는 산염기알림약을 리용한다.

ⓘ 산염기알림약에는 어떤것들이 있는가?

ⓘ 중화반응이란 무엇인가?

중화반응에서의 량적관계

중화반응에서 H^+의 물질량과 OH^-의 물질량이 같으면 두 이온은 남김없이 반응한다. 이처럼 산성을 나타내는 H^+와 염기성을 나타내는 OH^-가 모두 중화되여 반응이 끝나는 점을 **중화점**이라고 부른다. 따라서 이때 용액은 중성상태로 된다.

몰농도가 같은 1가산인 염산과 1가염기인 가성소다를 같은 체적씩 섞어 반응시키면 남김없이 반응하여 중화점에 도달한다. 그러나 몰농도가 같다 하더라도 2가산인 류산용액과 1가염기인 가성소다용액사이에서는 가성소다용액이 2배의 체적을 가지고 작용해야만 남김없이 반응하는 중화점에 도달한다.

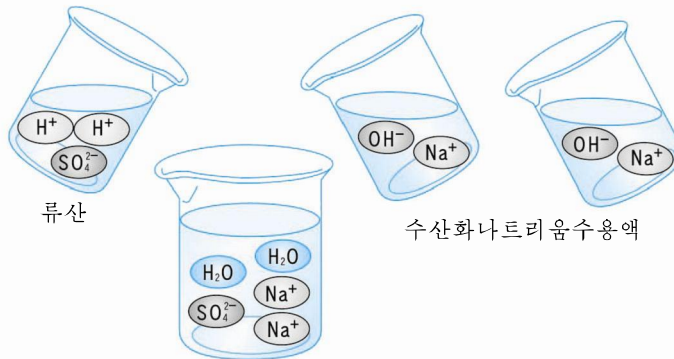



그림 2-7. 중화반응에서 량적관계

다른 측면으로는 두 물질이 같은 체적으로 남김없이 반응하려면 가성소다의 농도가 2배로 되여야 한다. 이로부터 산의 가수 ν_1, 몰농도 C_1, 체적을 V_1, 염기의 가수를 ν_2, 몰농도 C_2, 체적을 V_2이라고 하면 중화반응에서 산과 염기의 량적관계는 다음과 같이 된다.

$$\nu_1 C_1 V_1 = \nu_2 C_2 V_2$$

중화적정

농도를 알고있는 NaOH적정용액으로 농도를 모르는 HCl용액을 적정하는것을 실례로 산과 염기의 적정과정을 살펴보자.

깨끗한 뷰레트에 가성소다적정용액을 령눈금의 우에까지 넣고 이것을 뷰레트대에 고정시킨다. 뷰레트아래의 코크를 돌려(또는 유리알을 쥐고) 뷰레트의 뾰족한 부분의 공기를 뺀 다음 관안의 액면이 령눈금과 정확히 일치하도록 조절한다. 다음 깨끗한 삼각플라스크에 농도를 재려고 하는 염산용액(시료) 25mL를 정확히 재여넣고 거기에 페놀프탈레인용액 2~3방울을 떨구어넣는다. 다음 삼각플라스크를 뷰레트밑에 옮겨놓고 그림에서처럼 적정조작을 한다. 이때 가성소다적정용액을 방울방울 떨구어넣으면서 삼각플라스크를 부단히 흔들어 용액이 충분히 혼합되게 하여야 한다.

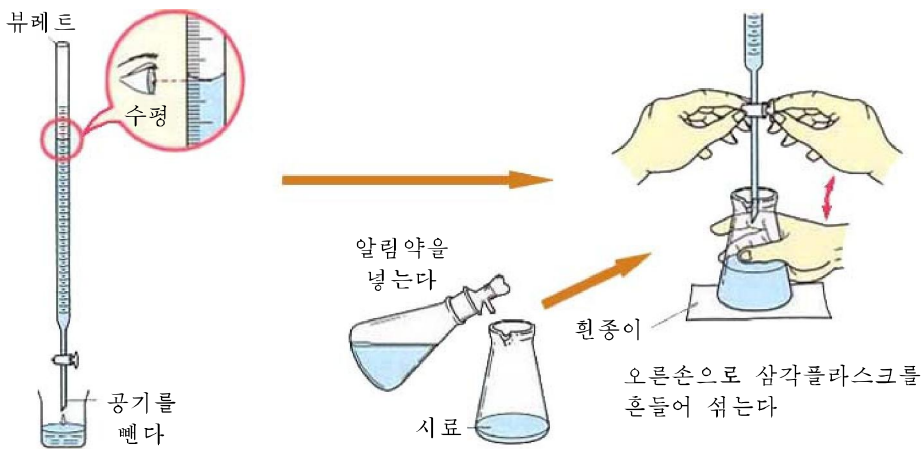



그림 2-8. 중화적정조작

가성소다적정용액이 들어감에 따라 시료용액의 H^{+}농도가 점점 줄어든다. 마지막단계에서는 가성소다용액 한두방울에 의하여 분홍색이 나타났다없어졌다한다. 마지막 한방울에 의하여 용액전체가 분홍색을 띠면 중화점이라는것을 말해준다. 이때 적정조작을 끝낸다. 다음 뷰레트의 정확한 눈금값으로부터 적정에 소비된 가성소다용액의 체적을 알아낸다.

웃식을 리용하여 시료의 농도를 계산한다.

산에 알카리를 넣으면서 적정할 때 처음에는 pH가 조금씩 변하다가 pH=7 가까이에 이르면 급격히 변한다.

이와 같이 적정과정에 pH가 달라지는 모양

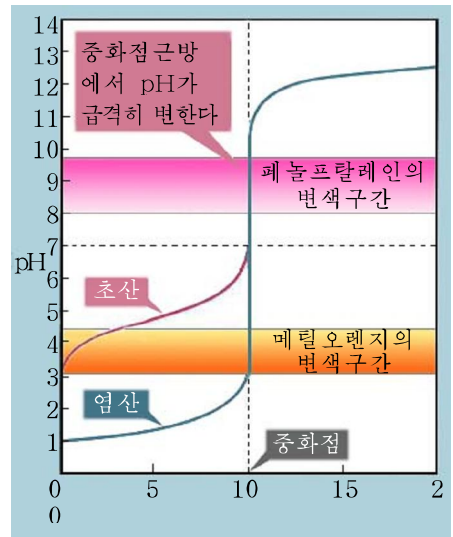



그림 2-9. 중화적정곡선

을 그린 곡선을 **중화적정곡선**이라고 부른다.(그림 2-9) 중화적정곡선에서 pH가 급격히 변하는 구간을 **적정비약구간**이라고 부른다.

그림에서 센산을 센염기로 적정하는 경우 적정비약구간의 pH값은 3~11이고 약산을 센염기로 적정하는 경우 적정비약구간의 pH값은 7~11이다.

중화적정에서 중화점은 알림약이나 pH메터로 알아낼수 있다. 알림약은 변색구간이 적정비약구간안에 있는것으로 선택하여야 한다. 그러므로 중화적정곡선과 알림약들의 변색구간을 리용하여 적정에 적합한 알림약을 선택하여야 한다.

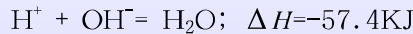
참 고 **중 화 열**

반응열에서 이미 학습한것처럼 화학반응은 모두 에네르기변화를 동반하며 이 에네르기변화는 반응열 즉 열함수의 변화로 나타난다.

실험으로 측정한데 의하면 1㏖/L 염산용액 1L와 1㏖/L 가성소다용액 1L가 반응할 때 57.4kJ의 열이 나온다.

다른 산과 염기와의 중화반응에서도 마찬가지이다.

중화반응은 본질에 있어서 산의 수소이온 H^+과 염기의 수산이온 OH^-이 결합하여 물 H_2O이 얻어지는 과정이다. 따라서 열화학방정식으로 나타내면 다음과 같다.

$$H^+ + OH^- = H_2O;\ \Delta H = -57.4\text{KJ}$$

이와 같이 산과 염기가 중화반응을 하여 물 1㏖을 만들 때의 반응열을 **중화열**이라고 부른다.

례제: 농도를 모르는 염산(시료) 25mL에 페놀프탈레인용액을 2~3방울 떨군 다음 0.05㏖/L의 수산화나트리움표준용액으로 적정했을 때 중화점에서 소비된 가성소다용액이 24mL였다면 염산의 농도는 얼마인가?

풀이. $C_1 = \dfrac{\nu_2 C_2 V_2}{\nu_1 V_1} = \dfrac{1\times 0.05\times 24}{1\times 25} = 0.048(\text{mol/L})$ **답.** 0.048㏖/L

문 제

1. 시약장에 농도가 밝혀져있지 않는 H_2SO_4용액이 있다. 이 용액의 농도를 알자면 어떻게 하여야 하겠는가?

2. 1㏖/L NaOH용액 50mL를 완전히 중화시키려면 0.2㏖/L 염산이 몇mL나 들겠는가? (**답.** 250mL)

3. 농도를 모르는 염산 20mL를 중화시키는데 0.1㏖/L NaOH용액이 23.1mL 들었다면 염산의 몰농도는 얼마이겠는가? (**답.** 0.115㏖/L)

4. 묽은 HCl용액과 묽은 HNO_3 혼합용액 20mL에 1㏖/L NaOH용액을 10.3mL 넣은 결과 완전히 중화되였다. 여기에 다시 충분한 량의 $AgNO_3$용액을 넣었을 때 생긴 AgCl침전물을 씻어 말린 결과 그 질량은 0.98g이였다. 혼합용액 1L에 들어있는 HCl과 HNO_3은 각각 몇g이였겠는가? (**답.** HCl 12.5g, HNO_3 11g)

5. CH_3COOH용액과 NaOH용액이 남김없이 반응하였다면 (   )이다.

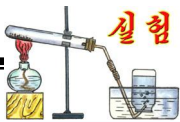
ㄱ) 넣은 CH_3COOH와 NaOH의 질량이 같다.

ㄴ) CH_3COOH와 NaOH의 물질량이 같다.

ㄷ) NaOH를 더 많이 넣었다.

ㄹ) CH_3COOH를 더 많이 넣었다.

제4절. 염의 가수분해

산용액은 산성을 띠고 염기용액은 염기성을 띤다. 그런데 염용액에서도 산성이나 염기성을 나타내는 경우가 있다.

염의 가수분해

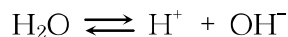
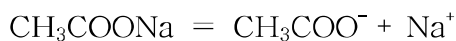
적은 량의 초산나트리움, 류산동, 염화나트리움, 초산동결정을 증류수가 들어있는 네개의 시험관에 따로따로 넣고 흔들어 용해시킨 다음 pH지로 그 액성을 알아본다.

그러면 왜 일부 염용액이 산성이나 염기성을 나타내겠는가?

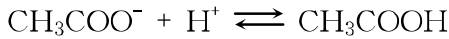
초산나트리움용액은 염기성을, 류산동용액은 산성을, 염화나트리움과 초산동용액은 중성을 나타낸다. 초산나트리움이 염기성을 나타내는것은 무엇때문인가?

초산나트리움용액속에서는 CH_3COO^-이온과 Na^+이온밖에도 물이 해리되여 생긴 H^+이온과 OH^-이온이 들어있다.

$$CH_3COONa = CH_3COO^- + Na^+$$

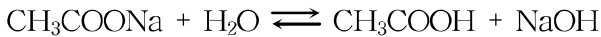
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ⓘ 이온교환반응은 어떤 경우에 일어날수 있는가?

이 네가지 이온가운데서 CH_3COO^-이온과 H^+이온이 결합하여 약전해질인 초산분자가 생길수 있다.

$$CH_3COO^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3COOH$$

Na^+와 OH^-는 수용액에서 서로 결합하지 않는다. 그것은 NaOH가 물에 잘 풀리는 센전해질이기때문이다.

평형이동의 원리에 의하여 H^+이 줄어든것만큼 물이 더 해리되며 초산나트리움용액속에는 OH^-이온이 많아진다.

이 변화를 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$CH_3COONa + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + NaOH$$

이온방정식으로 나타내면 다음과 같다.

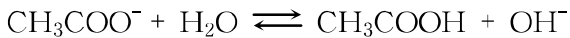
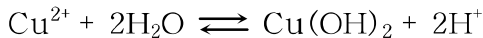
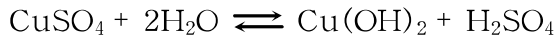
$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

초산나트리움이 염기성을 띠는것은 이 염이 해리되여 생긴 CH_3COO^-이온이 물과 반응하여 OH^-이온이 더 생겼기때문이다. 이와 같이 염이 해리되여 생긴 이온과 물과 반응하여 약전해질이 생기는 반응을 **염의 가수분해**라고 부른다.

그림 2-10. 초산나트리움, 류산동, 초산동이 가수분해되여 액성은 제가끔 산성, 염기성, 중성으로 된다

류산동용액이 산성을 나타내는것은 무엇때문인가? 그것은 류산동용액에 들어있는 Cu^{2+}이온이 물과 반응하여 $Cu(OH)_2$(약염기)이 생기면서 H^+이 더 생기기때문이다.

$$CuSO_4 + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + H_2SO_4$$

$$Cu^{2+} + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + 2H^+$$

? 초산나트리움과 류산동용액에서 가수분해의 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?

우의 두가지 가수분해과정을 보면 물과 반응하여 약산인 초산을 만드는 음이온 CH_3COO^-이 들어있는 염이 가수분해된다. 또한 물과 반응하여 약염기인 수산화동을 만드는 양이온 Cu^{2+}이 들어있는 염도 가수분해된다.

이와 같이 물과 반응하여 약산이나 약염기를 만드는 음이온이나 양이온이 들어있는 염은 가수분해된다.

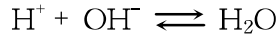
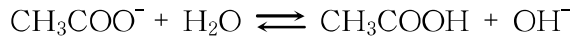
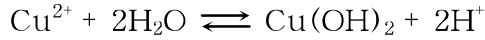
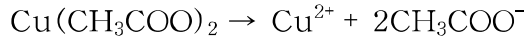
초산동용액은 왜 중성을 나타내는가?

초산동은 물과 작용하여 약산과 약염기를 만들수 있는 이온들이 들어있으므로 가수분해된다.

$$Cu(CH_3COO)_2 \rightarrow Cu^{2+} + 2CH_3COO^-$$

$$Cu^{2+} + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + 2H^+$$

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$$

가수분해에 의해서 생긴 H^+와 OH^-는 다시 작용하여 물이 형성된다.

따라서 가수분해에 의해서 생긴 약염기와 약산의 세기에 따라 산성 혹은 염기성을 나타낼수 있다. 그것은 얻어진 약전해질의 세기가 보다 약할수록 평형이 오른쪽으로 이동하기때문이다.

초산동용액이 중성을 나타내는것은 가수분해에서 생긴 초산의 산으로서의 세기와 수산화동의 염기로서의 세기가 비슷하기때문이다.

염화나트리움용액이 중성을 띠는것은 이것이 해리되여 생긴 Na^+이온과 Cl^-이 물과 반응하지 않기때문이다.

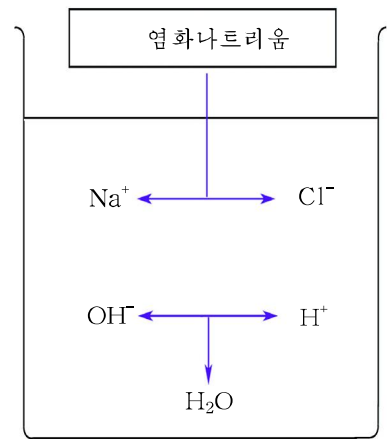
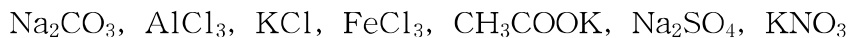



그림 2-11. 염화나트리움은 가수분해되지 않는다

? 시안화암모니움은 약산과 약염기로부터 형성된 염이다. 이 염이 가수분해되여 생긴 HCN과 $NH_3 \cdot H_2O$의 해리상수는 각각 4.93×10^{-10}과 1.77×10^{-5}이다. 용액의 액성은 어떠하겠는가?

? 다음의 염들가운데서 가수분해되는 염을 고르고 이온방정식으로 나타낸 다음 용액의 액성을 밝혀라.

Na_2CO_3, $AlCl_3$, KCl, $FeCl_3$, CH_3COOK, Na_2SO_4, KNO_3

우의 내용을 종합해보면 센산과 약염기로 이루어진 염(례:$HCl+Cu(OH)_2$), 센염기와 약산으로 이루어진 염(례: $NaOH + CH_3COOH$)은 가수분해되여 각각 산성, 염기성을 나타낸다.

염기의 세기

염기는 거의 모두 이온화합물이며 물에 용해될 때 이온상태로 용해된다.

그러므로 **약염기**란 해리도가 매우 작은 염기뿐만아니라 센전해질이지만 용해도가 매우 작아 포화수용액에서 OH^-의 농도가 작은 염기를 말한다.

센염기는 알카리금속과 2족의 Ca, Sr, Ba의 수산화물과 13족의 탈리움 Tl의 1가수산화물이다.

센산과 센염기로 이루어진 염(NaOH+HCl)은 가수분해되지 않는다.

약산과 약염기로 이루어진 염 $[CH_3COOH+Cu(OH)_2]$은 가수분해되며 이때에는 얻어진 약산이나 약염기의 세기에 따라 산성 혹은 염기성을 나타낸다.

몇가지 염의 수용액의 액성 표 2-4

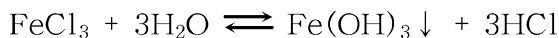
염의 종류	염의 례	용액의 액성
센산과 센염기로 된 염	NaCl, Na_2SO_4	중성
약산과 센염기로 된 염	CH_3COONa, Na_2CO_3	염기성
센산과 약염기로 된 염	NH_4Cl, $(NH_4)_2SO_4$	산성

염의 가수분해반응은 중화반응의 역반응이다.

중화반응이 발열반응이므로 가수분해반응은 흡열반응으로 된다. 그러므로 온도를 높이면 가수분해반응이 더 잘 일어난다.

례컨대 탄산소다용액으로 기름때를 씻을 때 뜨거운 탄산소다용액으로 씻으면 OH^-의 농도가 커져서 기름때를 벗길수 있는 능력이 세진다.

염의 가수분해반응평형상태에서 H^+ 또는 OH^-의 농도를 증가시키거나 감소시키면 평형이 한쪽으로 이동한다. 례컨대 실험실에서 $FeCl_3$용액을 만들 때 $FeCl_3$은 쉽게 가수분해되여 물에 용해되지 않는 $Fe(OH)_3$이 생긴다.

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3\downarrow + 3HCl$$

생성물인 $Fe(OH)_3$때문에 맑은 $FeCl_3$용액을 얻을수 없다. 그러므로 $FeCl_3$용액을 얻을 때에는 가수분해반응을 막기 위하여 HCl용액을 조금 넣어 평형을 왼쪽으로 이동시킨다.

산 염기에 대한 양성자리론(프로톤설)

수소이온은 수소원자가 하나밖에 없는 전자를 내준 상태이므로 양성자이다.

따라서 홀로 안정하게 존재하기 힘들며 수용액에서 수소이온은 물분자의 산소원자에 있는 비공유전자쌍을 받아들여 옥소니움이온을 이룬다.

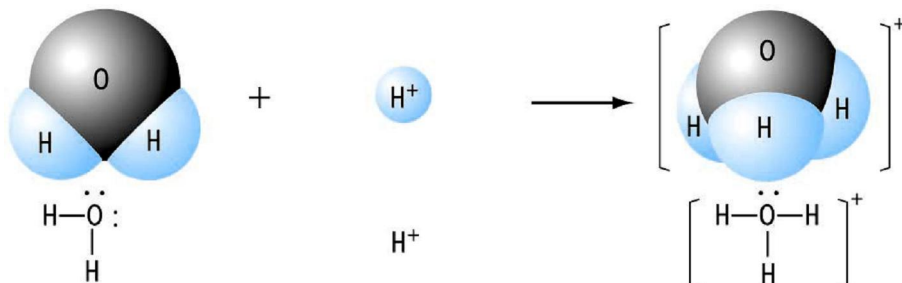
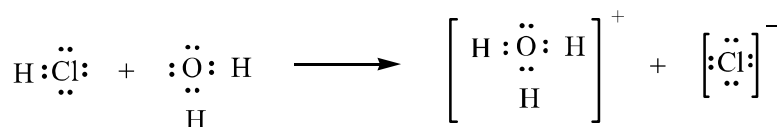
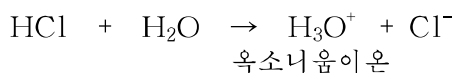
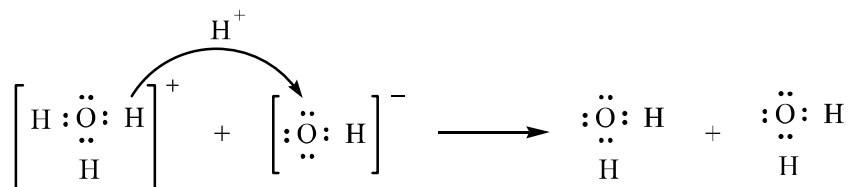



그림 2-12. 옥소니움이온 H_3O^+의 형성

실례로 염화수소는 수용액에서 실지로 다음과 같이 해리된다.

$$HCl + H_2O \rightarrow \underset{\text{옥소니움이온}}{H_3O^+} + Cl^-$$

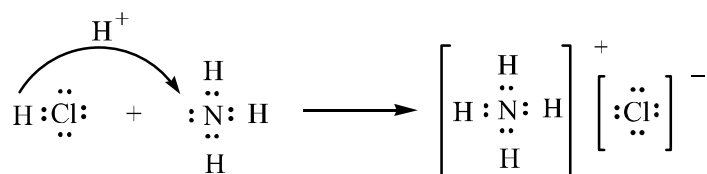
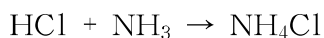
$$H:\ddot{\underset{..}{Cl}}: \;+\; :\ddot{\underset{..}{O}}:H \text{ (H)} \longrightarrow \left[H:\ddot{\underset{..}{O}}:H \text{ (H)}\right]^+ + \left[:\ddot{\underset{..}{Cl}}:\right]^-$$

이로부터 산 - 염기반응을 다음과 같이 표시할수 있다.

$$\left[H:\ddot{\underset{..}{O}}:H \text{ (H)}\right]^+ + \left[:\ddot{\underset{..}{O}}:H\right]^- \xrightarrow{H^+} :\ddot{\underset{..}{O}}:H \text{ (H)} + :\ddot{\underset{..}{O}}:H \text{ (H)}$$

여기에서 옥소니움이온은 양성자 H^+을 내며 OH^-는 양성자 H^+를 받았다.

그런데 H^+을 주고 받는 반응은 이러한 반응만이 아니다.

례컨대 염화수소와 암모니아는 다음과 같이 반응한다.

$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$$

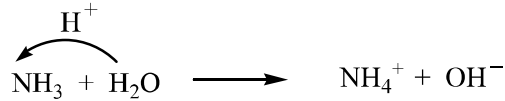
$$H:\ddot{\underset{..}{Cl}}: \;+\; :\ddot{\underset{..}{N}}:H \text{ (H, H)} \xrightarrow{H^+} \left[H:\ddot{\underset{..}{N}}:H \text{ (H, H)}\right]^+ \left[:\ddot{\underset{..}{Cl}}:\right]^-$$

염화수소는 수소이온을 내고 암모니아는 수소이온을 받았다. 이로부터 산염기개념을 넓혀 다음과 같이 정의한다.

산이란 양성자를 내놓은 물질이며 **염기**는 양성자를 받아들이는 물질이다.

암모니아는 전해질해리리론에 의하면 분자안에 OH^-가 없으므로 염기가 아니다. 그러나 그 수용액은 염기성을 나타낸다.

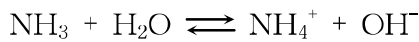
이 리론에 의하면 암모니아가 염기성을 나타내는 원인을 잘 설명할수 있다.

암모니아는 물에 용해될 때 다음과 같이 해리된다.

$$NH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} NH_4^+ + OH^-$$

암모니아는 양성자를 받았으므로 염기이며 물은 양성자를 내므로 산으로 된다.

이 리론에 의하면 이온도 산 또는 염기로 될수 있으며 물은 경우에 따라 산으로도, 염기로도 될수 있다.

ⓘ 다음 반응의 역반응에서 산과 염기를 밝혀라.

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

전자쌍리론에 의한 산, 염기의 정의

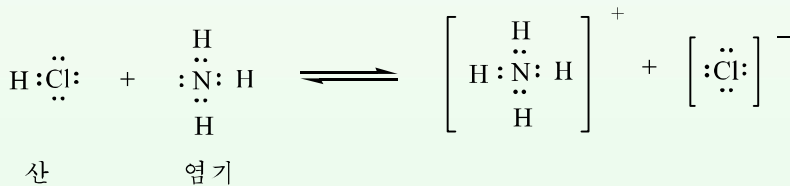
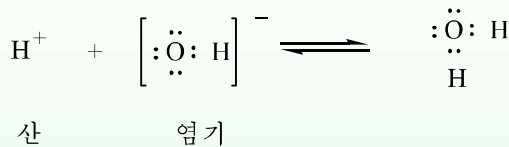
전자쌍리론에서는 양성자를 주고 받을수 없는 물질에 대해서까지 산, 염기개념을 넓혔다. 전자쌍리론에 의하면 **산**이란 비공유전자쌍을 받을수 있는 물질이며 **염기**란 비공유전자쌍을 내주는 물질이다.

례:

$$H^+ + [:\ddot{O}:H]^- \rightleftharpoons :\ddot{O}:H \text{ (H)}$$

산 염기

$$H:\ddot{Cl}: + H:\ddot{N}:H \text{ (H, H)} \rightleftharpoons [H:\ddot{N}:H \text{ (H, H)}]^+ + [:\ddot{Cl}:]^-$$

산 염기

이 리론에 의하면 배위결합에서 주개는 염기이며 받개는 산으로 된다.

문 제

1. 간단한 방법으로 NaCl, NH_4Cl, Na_2CO_3용액을 어떻게 갈라볼수 있겠는가?
2. 나무나 벼짚재는 흔히 농촌에서 칼리움비료로 리용하는데 그 주성분은 탄산칼리움이다. 왜 재를 류안이나 질안비료와 섞어 사용하면 비료의 효과가 떨어지는가?
3. 농도가 같은 CH_3COOH용액과 CH_3COONa용액이 있다. 어느 용액에 CH_3COO^-가 더 많이 들어있겠는가?
4. 다음의 물질가운데서 그 수용액의 pH가 7보다 작은것은 (   )이다. 가수분해반응을 이온방정식으로 써라.
   ㄱ) Na_2CO_3 ㄴ) NH_4NO_3 ㄷ) Na_2SO_4
   ㄹ) KNO_3 ㅁ) $Ca(NO_3)_2$ ㅂ) $FeSO_4$
5. 다음 물질들가운데서 ㄱ)~ㅁ)에 맞는것을 찾아보아라.
   NaBr, KNO_3, $NaClO_3$, NH_4ClO_4, $HCOONH_4$, KI,
   NaCN, $Ca(NO_3)_2$, $Ba(CH_3COO)_2$, $(NH_4)_2SO_4$
   ㄱ) 가수분해되는것
   ㄴ) 가수분해되지 않는것
   ㄷ) 수용액이 산성을 띠는것
   ㄹ) 수용액이 염기성을 띠는것
   ㅁ) 수용액이 중성인것
6. 프로톤설에 의하면 다음의 분자 혹은 이온들이 산으로 되겠는가 염기로 되겠는가?
   HS^-, OH^-, CO_3^{2-}, $H_2PO_4^-$, NH_4^+, H_3O^+, H_2S, HF, H_2O, NH_3

제5절. 콜로이드용액

분산계

어떤 물질이 매우 작은 알갱이로 다른 물질에 고르롭게 퍼져있는 계를 **분산계**라고 부른다. 여기에서 고르롭게 퍼져있는 물질을 **분산질**이라고 부르며 분산시키는 물질을 **분산매**라고 부른다.

례컨대 흙물, 우유와 같은 분산계에서 흙알갱이, 기름방울은 분산질이며 물은 분산매로 된다. 우유는 물에 기름의 작은 방울이 고르롭게 퍼져있는 계이며 안개는 매우 작은 물방울이 공기속에 분산된 계이다.

분산계는 분산질알갱이의 크기에 따라 분자 및 이온분산계(진용액), 콜로이드분산계, 거친분산계로 나눈다.

※ **계**: 주의를 돌리는 물질 또는 물질의 모임. 례하면 시험관안에서 산과 염기용액의 중화반응을 관찰한다면 여기에서 시험관과 그밖의 공기에는 주의를 돌리지 않는다. 다만 산과 염기사이의 중화반응에만 주의를 돌린다. 이때 시험관안에 있는 물질들의 모임을 **중화반응계**라고 부른다.

용매에 용질로 분자나 이온이 고르롭게 퍼져있는 용액(진용액)에 대해서는 이미 학습하였다. 분산질알갱이의 크기가 1~100nm인 분산계를 **콜로이드분산계**라고 부른다. 콜로이드분산계를 **졸**이라고도 부른다. 거친분산계는 분산질알갱이의 크기가 100nm보다 큰 분산계이다.

분산질크기에 따르는 분산계의 분류 표 2-5

분산계	분산질알갱이의 크기/nm	알갱이 한개 속에 들어있는 원자개수	실 례
거친분산계	>100	$>10^9$	진흙물, 우유
콜로이드분산계	1~100	10^9~10^3	수산화철졸, 류화비소졸
분자,이온분산계(용액)	0.1~1	$<10^3$	사탕물, 소금물

콜로이드알갱이의 직경이 1~100nm사이에 있다는 특성을 리용하여 의학부문, 과학연구부문에서 분자나 이온이 불순물로 들어있는 콜로이드용액을 반투막이 설치되여있는 기구에 넣어 정제한다. 이러한 조작을 **투석**이라고 부른다.(그림 2-13)

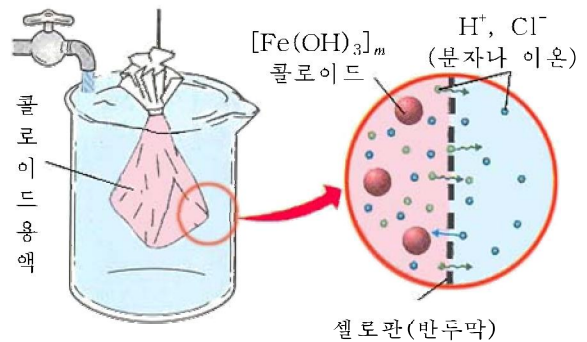



그림 2-13. 콜로이드용액의 투석

립자의 크기 /nm	STM※	← 전자현미경한계		← 광학현미경한계	
	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3 10^4
	H원자	저분자	콜로이드립자	큰 립자(침전된다)	
립자의 투과성		반투막		려 지	

그림 2-14. 분산질알갱이의 크기와 성질

※ STM은 원자크기까지의 분해능을 가진 주사굴현미경의 략칭이다.

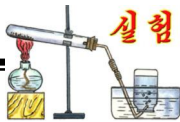
분산계는 또한 모임상태에 따라서 기체, 액체, 고체분산계로 나눈다. 분산계의 모임상태는 분산매의 모임상태에 따른다. 콜로이드분산계에서 액체콜로이드분산계를 **콜로이드용액** 혹은 **액체졸**이라고 부른다.

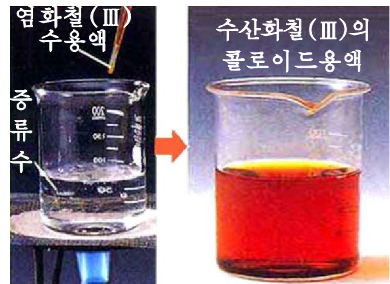
참고 모임상태에 따르는 분산계의 분류

분산매	분산질	분자, 이온 분산계	콜로이드 분산계	거친분산계
기체	고체		기체-고체졸	연기, 황사
	액체		기체-액체졸	안개
	기체	기체혼합물		
액체	고체	사탕물	수산화철졸	진흙물(현탁액)
	액체	알콜수용액		우유(유탁액)
	기체	탄산수, 암모니아수		거품
고체	고체	고용체합금	색유리	
	액체			두부
	기체			거품수지

콜로이드용액

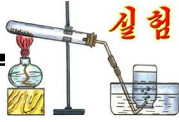
푸른색의 류산동용액과 붉은밤색의 수산화철콜로이드용액은 색갈이 다를뿐 다같이 투명한 분산계로서 차이가 없는것 같이 보인다. 그러나 분산질알갱이의 크기가 다른것으로 하여 성질에서 많은 차이가 있다.

만들기. 콜로이드용액에서 분산질알갱이의 크기는 진용액에서의 용질알갱이와 거친분산계의 분산질알갱이크기사이에 있다. 따라서 큰 알갱이는 작게 만들고 분자나 이온 같은 알갱이는 한데 엉기게 하여 만든다.

수산화철졸만들기

비커에 증류수 20mL를 넣고 가열하여 물이 끓을 때 염화철(Ⅲ)포화용액을 1~2mL 가량 떨구어넣는다. 이때 붉은밤색의 수산화철(Ⅲ)콜로이드용액이 얻어진다.

반응에서 얻어진 $Fe(OH)_3$은 수천수만개씩 모여 콜로이드알갱이를 만들며 이것이 분산되여 콜로이드용액이 얻어진다.

$$FeCl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3\downarrow + 3HCl$$

콜로이드용액이 얻어지자면 분산질이 분산매에 풀리지 말아야 하며 크기가 1~100㎚에 이르러야 한다.

성질. ① 콜로이드용액은 틴달현상을 나타낸다.

틴달현상

그림과 같이 비커에 넣은 사탕용액, 염화철용액, 수산화철(Ⅲ)콜로이드용액을 가지런히 놓고 빛을 비쳐주면서 빛이 지나가는 길을 살펴본다.

사탕용액이나 염화철용액에서는 빛이 지나가는 길이 알리지 않지만 콜로이드용액에서는 빛이 지나가는 길이 우유빛으로 나타난다. 이러한 현상을 **틴달현상**(유광현상)이라고 부른다.

틴달현상은 빛의 산란현상때문에 나타나는 현상이다.

작은 알갱이에 빛을 비쳐줄 때 알갱이크기가 보임빛파장보다 크면 반사되고 작으면 빛을 산란시킨다.

빛산란은 작은 알갱이에 비쳐진 빛이 알갱이를 중심으로 사방으로 퍼져나가는 현상이다. 산란빛의 세기는 알갱이가 클수록 더 세게 나타난다.(빛파장의 절반보다 작은 알갱이에 해당함) 진용액인 경우에는 분산질알갱이가 매우 작아서 산란현상이 거의나 나타나지 않는다.

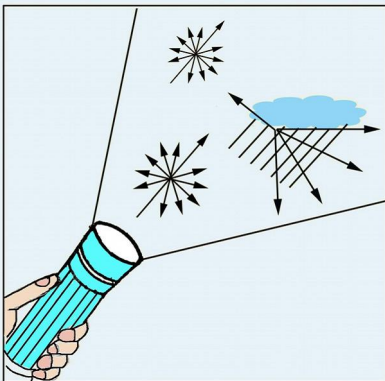



그림 2-15. 빛산란과 반사

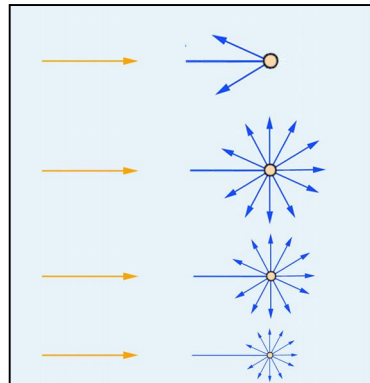
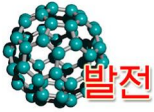
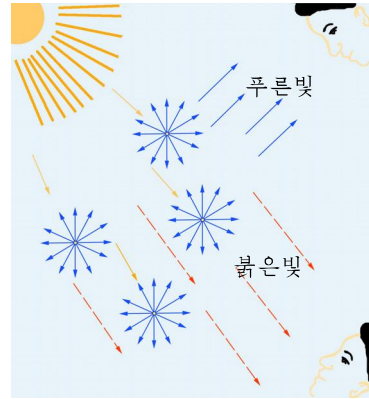



그림 2-16. 콜로이드알갱이가 작을수록 산란은 약하다

? 밤에 맑은 강물속으로 전지를 비치면 빛이 가는 길이 희게 보인다. 왜 그런가?

파장이 짧은 빛이 더 세게 흩어진다

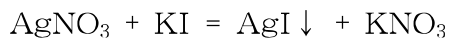
졸에 비쳐주는 빛의 파장이 짧을수록 더 세게 산란된다. 례컨대 푸른빛은 붉은빛보다 파장이 짧기때문에 5배나 더 세게 산란된다.

이로부터 하늘과 바다에서는 푸른빛이 세게 산란되므로 푸르게 보이며 태양을 마주 보면 붉게 보인다. 위험신호등을 붉은색으로 하는것은 멀리에서도 볼수 있게 하자는데 있다.

콜로이드계는 여러가지 색을 나타내며 그 세기는 분자성용액의 색보다 매우 세다. 자동차에 쓰이는 붉은색유리는 셀렌 또는 금이 콜로이드립자크기로 분산된 것이다. 이로부터 좋은 안료는 그 알갱이크기가 콜로이드알갱이크기에 가깝다.

② 콜로이드용액은 전기영동현상을 나타낸다.
콜로이드알갱이는 겉면에 용액속에 있는 이온을 선택적으로 흡착한다.
이때 흡착되는 이온은 핵에 들어있는 원소를 포함하는 이온이다.

례: 묽은 질산은용액에 묽은 요드화칼리움용액을 넉넉히 작용시키면 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$AgNO_3 + KI = AgI\downarrow + KNO_3$$

$$KI = K^+ + I^-$$

여기에서 침전물인 AgI가 수천수만개가 모여붙어 콜로이드알갱이의 핵[AgI]m을 이룬다. 그런데 KI가 넉넉하므로 용액속의 I^-이온을 핵이 선택흡착하면서 음전기를 띠게 된다.

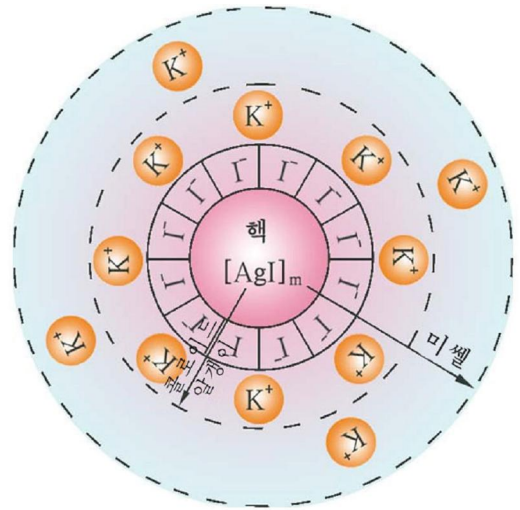
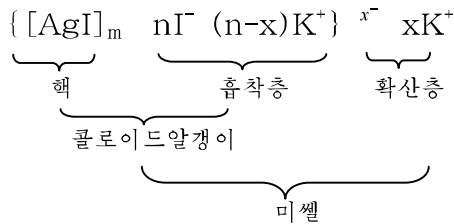
음전기 띤 알갱이는 K^+이온을 끌어당겨 흡착층과 확산층을 이룬다. 이 흡착층과 확산층사이의 면을 **미끄럼면**이라고 부른다.

콜로이드알갱이는 이 미끄럼면을 사이에 두고 움직인다.

핵과 흡착층을 가진 이 움직이는 알갱이를 정확한 의미에서 **콜로이드알갱이**라고 부른다. 그런데 K^+이온의 일부가 확산층에 있으므로 콜로이드알갱이는 -전기를 띤다.

여기에서 콜로이드핵과 흡착층, 확산층을 합쳐서 **콜로이드미쎌**이라고 부른다. 그리고 이 구조를 **미쎌구조**라고 부르며 이것을 식으로 나타낸것을 **미쎌식**이라고 부른다.

그림 2-17. 요드화은음졸의 미쎌구조

요드화은음졸의 미쎌식은 다음과 같다.

ⓘ 미쎌전체는 전기적으로 어떤 부호의 전기를 띠겠는가?

콜로이드알갱이가 전기를 띠고있기때문에 콜로이드용액에 직류전기마당을 걸어주면 콜로이드알갱이와 확산층의 이온들이 서로 반대극쪽으로 움직인다. U자관에 붉은밤색의 수산화철(Ⅲ)졸을 넣고 두 아구리에 전극을 꽂은 다음 직류전원을 련결하면 음극쪽으로 붉은밤색의 수산화철(Ⅲ)졸이 옮겨간다.(그림 2-18) 이것은 수산화철(Ⅲ)졸알갱이가 양전기를 띠였다는것을 말해준다.

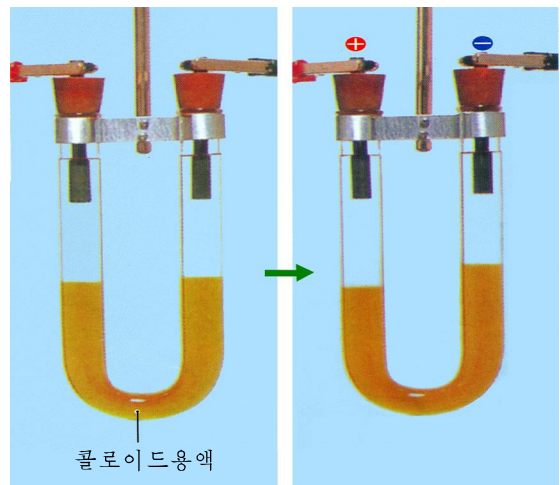



그림 2-18. 수산화철(Ⅲ)졸의 전기영동

이와 같이 바깥전기마당의 작용에 의해 콜로이드알갱이가 반대극으로 이동하는 현상을 **전기영동**이라고 부른다.

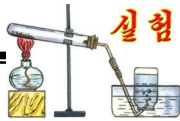
생산에서는 전기영동현상을 리용하여 물질을 정제하거나 가르기도 한다. 례컨대 도자기를 만들 때 전기영동의 원리를 리용하여 점토속에서 산화철을 갈라낸다.

점토알갱이는 음전기를 띠고 산화철알갱이는 양전기를 띠기때문에 서로 반대극으로 이동한다.

의학부문에서는 피속에 들어있는 헤모글로빈을 분리하는데 전기영동을 리용한다.

③ 콜로이드용액은 응결현상을 나타낸다.

콜로이드용액에서 졸알갱이는 같은 전기를 띠고있으므로 서로 미는 힘이 작용하여 한데 뭉치지 않고 비교적 안정하게 존재한다.

그러나 오래 놓아두거나 전해질을 넣는 경우 또한 부호가 서로 다른 콜로이드용액을 섞을 때에는 알갱이들이 서로 모여붙어 알갱이가 커져서 가라앉는 현상이 나타난다. 이러한 현상을 콜로이드용액의 **응결**이라고 부른다.

비커에 갓 만든 수산화철졸을 부어넣고 류산나트리움용액을 조금 넣어본다. 어떤 현상이 나타나는가?

응결되였다는것은 침전물, 흐림, 색변화와 같은 현상으로 알수 있다.

우의 실험에서는 졸이 흐려지다가 나중에는 솜모양의 덩어리가 생겨 가라앉는다.

전해질에 의한 응결은 전기띤 졸알갱이가 전기적중성상태로 넘어가기때문에 일어난다. 이때 졸알갱이의 부호와 반대부호를 가진 이온만이 응결작용을 일으킨다.

강과 바다가 만나는 지점에 삼각주가 형성되는것은 강물이라는 콜로이드용액이 전해질용액인 바다물에 의해서 응결되고 그것이 오랜 기간 쌓여서 생긴것이다.

부호가 서로 다른 두 콜로이드용액을 섞을 때에는 정전기적끌힘에 의해 서로 뭉쳐 전기를 잃기때문에 응결된다. 이러한 응결을 **호상응결**이라고 부른다.

물을 정제할 때 류산알루미니움이나 백반을 물에 넣으면 수산화알루미니움 $Al(OH)_3$의 양성졸이 얻어진다. 이때 물속의 음으로 대전된 토양콜로이드알갱이는 이 양성졸과 호상응결을 일으켜 가라앉는다.

다섯개의 병에 맑고 색없는 증류수와 사탕물, 식초, 소금물, 콜로이드용액이 있다. 손전지와 전기선, 알콜등만 가지고 5가지 물질을 갈라내여라.

문 제

1. 다음 물음에 대답하여라.

ㄱ) 겉보기에 꼭같은 액체가 두개의 비커에 담겨져있다. 그가운데서 하나는 콜로이드용액이다. 어떻게 가려내겠는가?

ㄴ) 서로 다른 잉크를 섞을 때 어떤 경우에는 삭지 않는데 많은 경우 삭는다. 왜 이런 두가지 현상이 나타나는가?

2. 묽은 요드화칼리움용액에 묽은 질산은용액을 넉넉히 작용시킬 때 얻어지는 콜로이드용액의 미쎌구조와 미쎌식을 써라.

3. $Cu(OH)_2$콜로이드용액으로 전기영동실험을 할 때 음극쪽에 푸른색이 진해지며 이 콜로이드용액에 아래의 물질을 넣을 때 응결되지 않는것은 (　)이다.

ㄱ) 류산마그네시움　ㄴ) 규산음성졸　ㄷ) 수산화철양성졸　ㄹ) 포도당용액

장 종 합

약전해질
(수용액에서 일부만이 해리되는 전해질)
$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$
분자와 이온이 함께 존재
약전해질의 세기척도
해리도
$\alpha = \frac{해리된\ 물질량}{용해된\ 물질량}$
해리상수
$K_해 = \frac{C_{CH_3COO^-} \cdot C_{H^+}}{C_{CH_3COOH}}$
$\alpha = \sqrt{\frac{K_해}{C}}$
α와 C는 서로 반비례

염의 가수분해
(염의 이온과 물과의 작용)
형태
약산 + 센염기
Na_2CO_3
센산 + 약염기
NH_4Cl
약산 + 약염기
$(NH_4)_2CO_3$
센산 + 센염기
KCl
(염기성)
$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$
약산의 이온
(산성)
$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O + H^+$
약염기의 이온
(각이한 액성)
두 이온이
다 물과 작용
(중성)
가수분해
되지 않는다.

분산계
(잔 알갱이들이 고루 퍼져있는 계)
알갱이크기에 따라
분자,이온분산계
0.1~1nm
(분자용액, 전해질용액)
거친분산계
>100nm
(현탁액, 유탁액)
콜로이드분산계(졸)
1~100nm
모임상태에 따라
기체졸
(기체콜로이드)
고체졸
(색유리)
액체졸
(콜로이드용액)
성질
틴달현상
(빛산란)
전기영동현상
(전기띤알갱이)
응결현상
(전기적중화)

복습문제

1. 0.8㏖/L 염산 70mL에 0.47㏖/L 가성소다용액 130mL를 혼합한 용액의 pH는 얼마인가? (**답.** 12.4)

2. 0.03㏖/L의 류산용액 150mL에 0.02㏖/L의 가성소다용액 250mL를 넣은 용액의 pH는 얼마인가? (**답.** 2)

3. 0.1㏖/L의 암모니아수의 해리도는 25℃에서 1.32%이다. 이 용액의 pH는 얼마인가? (**답.** 11.12)

4. 어떤 용액속의 OH^-의 농도가 1×10^{-3}㏖/L이다. C_{H^+}와 pH는 얼마인가?

(**답.** $C_{H^+}=1\times10^{-11}$㏖/L, pH=11)

5. 2가 알카리 2.5g을 물에 용해시켜 50mL로 하고 그중 25mL를 중화하는데 0.2㏖/L 염산 125mL가 소비되였다. 이 알카리의 분자량을 구하여라. (**답.** 100)

6. 10% 염산용액 50mL(ρ=1.05g/cm^3)와 10% 가성소다용액 50mL(ρ=1.12 g/cm^3)를 반응시킨 후 남아있는 반응물질의 몰농도는 얼마인가? 또한 액성은 어떠한가?

(**답.** 0.038㏖/L)

7. 불순물로 염화칼리움이 들어있는 수산화칼리움 6g이 있다. 이것을 물에 용해시켜 100mL로 만들었다. 이 용액 20mL를 중화하는데 1㏖/L 염산이 16mL 들었다. 불순물은 몇%인가? (**답.** 25.3%)

8. 공업용가성소다 8g을 물에 용해시켜 100mL의 용액을 만들었다. 그중 25mL를 중화하는데 0.5㏖/L 류산용액 45mL가 들었다. 이 가성소다의 순도는 몇%인가?

(**답.** 90%)

9. 표준조건에서 10L의 공기를 0.01㏖/L 수산화바리움용액 30mL에 통과시켜 침전물을 제거한 후 이 용액을 0.1㏖/L 염산으로 중화하는데 4mL가 들었다. 이 공기중의 이산화탄소의 체적%를 구하여라. (**답.** 0.022 4%)

10. 밀도가 1.033g/cm^{3}인 묽은 류산 20mL를 중화하는데 1㏖/L 수산화나트리움용액 40mL가 들었다. 이 묽은 류산은 몇%인가? (**답.** 9.5%)

11. 체적으로 5배 희석한 식초 20mL와 완전히 반응하는데 0.1㏖/L 수산화나트리움용액 25mL가 필요하다.

ㄱ) 희석하기 전의 식초의 몰농도는 얼마인가?

ㄴ) 이 식초의 원액 100mL속에 포함되여있는 초산의 질량은 얼마인가?

(**답.** 0.625㏖/L, 3.75g)

12. 0.1㏖/L KOH용액 50mL를 중화하는데 어떤 농도의 염산 25mL가 들었다. 이 염산의 농도를 구하여라. (**답.** 0.2㏖/L)

13. 0.2㏖/L 염산 10mL를 중화하는데 0.5㏖/L 가성소다가 몇mL 필요한가?

(**답.** 4mL)

14. 1㏖/L 염산용액 3L와 1.5㏖/L 류산용액 3L를 혼합하였다. 이 혼산의 수소이온농도는 얼마인가? (**답.** 2㏖/L)

15. 0.2㏖/L 가성소다용액 50mL에 고체가성소다 16g을 용해시켰을 때 몰농도는 얼마인가? (**답.** 8.2㏖/L)

16. 어떤 온도에서 초산용액의 해리평형상수는 $K_{해}=1.8\times10^{-5}$이다. 이 온도에서 0.1㏖/L 초산용액의 해리도 α, 수소이온농도 C_{H^+} 및 pH는 얼마인가?

(**답.** α=0.013 4(1.34%), $C_{H^+}=1.34\times10^{-3}$㏖/L, pH=2.87)

17. $FeCl_3$용액과 $Fe(OH)_3$졸의 같은 성질은 ( )이다.

ㄱ) 분산질알갱이들이 모두 려지를 통과한다.

ㄴ) 모두 틴달현상이 있다.

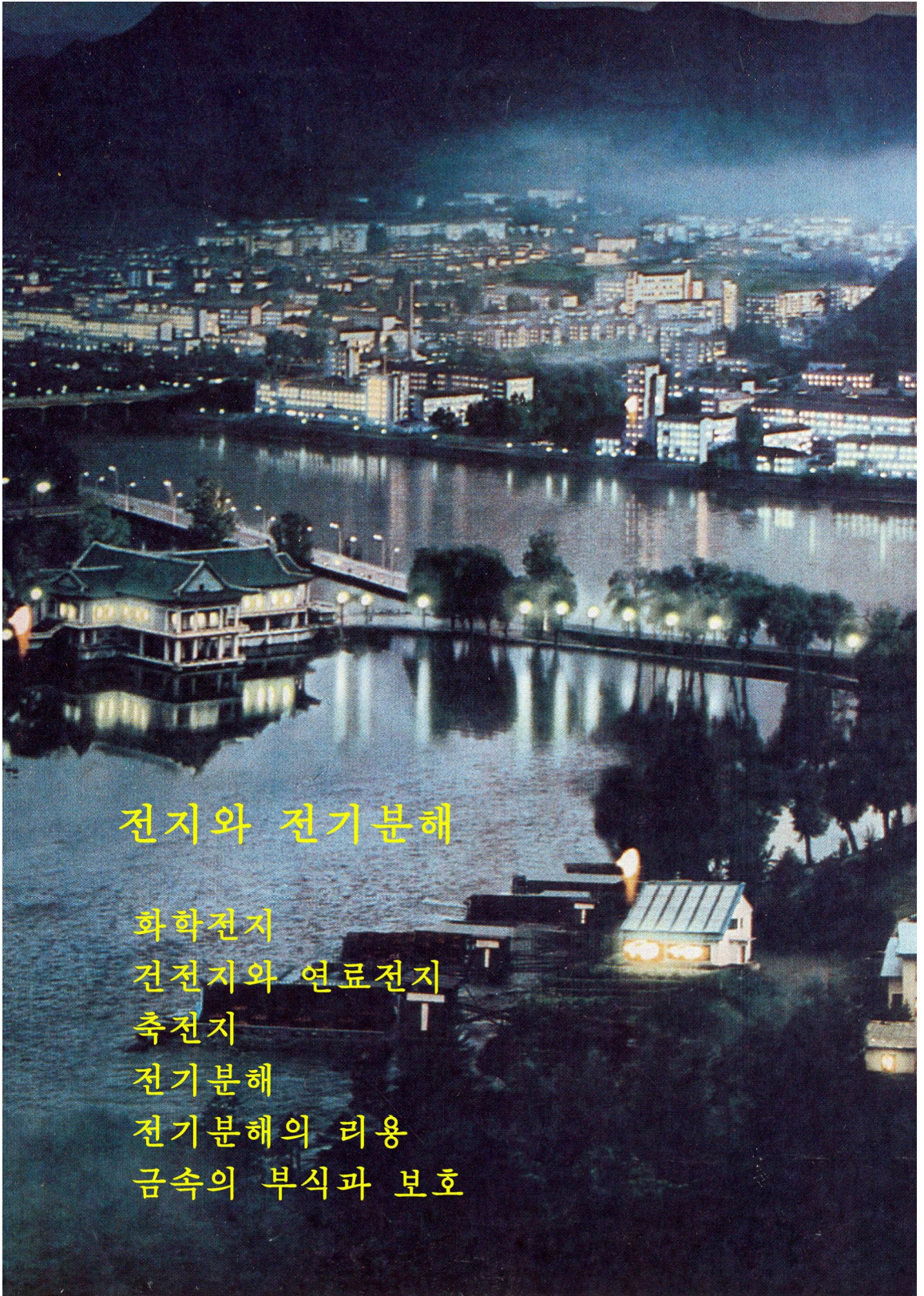
ㄷ) 비교적 안정하고 모두 밤색이다.

ㄹ) 염산을 넣을 때 침전물이 생긴다.

18. 일반적으로 콜로이드용액이 쉽게 응결되지 않고 안정하게 존재하는 리유는 ( )이기때문이다.

ㄱ) 틴달현상을 일으킨다.

ㄴ) 알갱이가 매우 작으며 중력작용을 받지 않는다.

ㄷ) 같은 부호의 전하를 띠므로 서로 배척한다.

전지와 전기분해

화학전지
건전지와 연료전지
축전지
전기분해
전기분해의 리용
금속의 부식과 보호

제3장. 전지와 전기분해

일상생활에서 쓰고있는 손전지는 건전지에 의하여 불이 켜지며 자동차의 조명과 발동은 축전지에 의하여 보장된다.

전기에네르기에 의하여 기초화학물질의 하나인 가성소다와 여러가지 금속을 만든다.

건전지나 축전지에서 전류가 어떻게 생기며 반대로 전류에 의하여 화학물질이 어떻게 만들어지는가? 이미 배운 산화환원반응과는 어떤 련관이 있는가?

이 장에서는 화학전지와 전기분해, 그 리용에 대하여 학습한다.

제1절. 화학전지

화력발전소에서는 석탄을 태울 때 생겨나는 열로 물을 끓여 증기를 얻고 그 힘으로 발전기를 돌려 전기를 얻는다. 다시말하여 화학에네르기를 열에네르기로 전환시키고 열에네르기를 력학적에네르기로, 다음 전기에네르기로 전환시킨다.

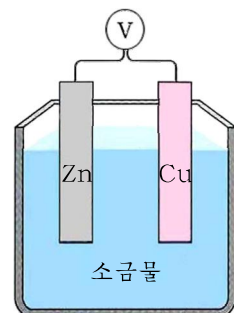
화학에네르기를 직접 전기에네르기로 전환시킬수는 없겠는가?

화학반응을 일으켜 전기를 얻을수 있다.

화 학 전 지

1) 소금물이 담긴 비커에 꼭같은 아연판 두개를 서로 떨어지게 잠그고 도선으로 전압계와 련결한다. 전압계의 바늘이 움직이는가를 본다.

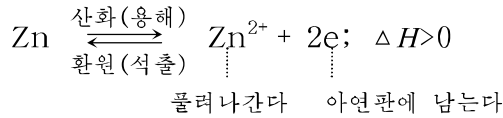
2) 한쪽 아연판을 꺼내고 그대신 동판을 잠근 다음 우와 같은 실험을 진행한다. 전압계의 바늘이 움직이는가?

두 실험결과로부터 어떤 경우에 전류가 생긴다고 말할수 있는가?

전해질용액인 소금용액에 동판과 아연판을 잠그었을 때 전류가 어떻게 생겨나는가?

소금결정을 물에 넣으면 용해도만큼 풀리는것처럼 금속결정도 일정한 량(매우 적은 량)이 물에 풀리며 시간이 지나면 용해평형을 이룬다.

아연판에서

$$Zn \underset{\text{환원(석출)}}{\overset{\text{산화(용해)}}{\rightleftarrows}} Zn^{2+} + 2e;\quad \Delta H>0$$

풀려나간다　　아연판에 남는다

이로부터 금속판은 <->전기를 띠게 되며 용액은 <+>전기를 띠게 된다. 따라서 금속판과 용액의 전위는 서로 다르다.

금속의 용해평형상태에서 금속과 용액사이의 전위차를 전극의 **산화환원전위(전극전위)**라고 부른다.

※ 전해질용액속에 잠긴 금속을 일반적으로 **전극**이라고 부른다.

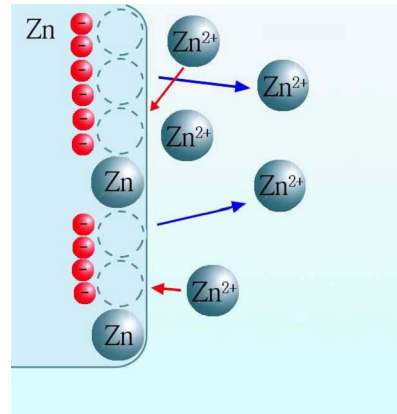
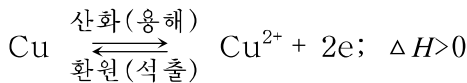



그림 3-1. 용액속에 잠겨있는 아연판겉면에서의 용해평형

동판에서도 다음과 같은 용해평형이 이루어진다.

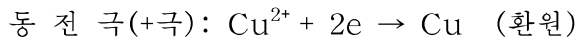
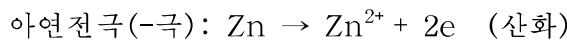
$$Cu \underset{\text{환원(석출)}}{\overset{\text{산화(용해)}}{\rightleftarrows}} Cu^{2+} + 2e;\quad \Delta H>0$$

? 동과 아연의 용해평형가운데서 평형이 오른쪽으로 더 치우쳐진것은 어느것인가?

아연은 동보다 활성이 더 세므로 전자를 더 많이 내주고 산화된다. 따라서 아연판에는 전자가 동판에서보다 더 많다. 이때 아연은 전극전위가 낮다고 말하며 아연보다 전자가 적은 동의 전극전위는 높다고 말한다. 결국 동판과 아연판의 전극전위는 같지 않으므로 두 금속판을 도선으로 이어놓으면 전위차에 의하여 전자가 도선을 따라 아연판에서 동판으로 이동한다.

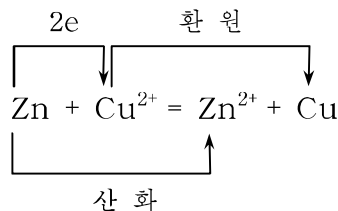
이때 두 전극에서는 각각 다음의 전극반응들이 일어난다.

아연전극(-극): $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$ (산화)

동 전 극(+극): $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$ (환원)

두 전극반응을 하나로 묶으면 다음과 같다.

2e　　환 원

$$Zn + Cu^{2+} = Zn^{2+} + Cu$$

산 화

화학반응(산화환원반응)에 의하여 직접 전류를 얻어내는 장치를 **화학전지**라고

부른다.

※ 전지에서 활성이 센 금속은 <->극으로, 활성이 약한 금속은 <+>극으로 된다.

소금물에 동판과 아연판을 잠그어 만든 전지에서는 오래동안 전류를 얻을수 없다. 그것은 소금용액속에 아연전극과 동전극을 넣었을 때 풀려나온 Zn^{2+}와 Cu^{2+}의 량이 작으므로 전극에서 산화와 환원이 계속 일어나지 못하기때문이다. 그러므로 동판과 아연판을 그 금속의 염용액에 잠그어 화학전지를 만들며 이렇게 만든 전지를 **다니엘전지**라고 부른다.(그림 3-2)

ⓘ 다니엘전지와 볼타전지에서 음극과 양극은 각각 어떤 금속들이며 매 전극에서 일어나는 전극반응식을 어떻게 쓸수 있는가?

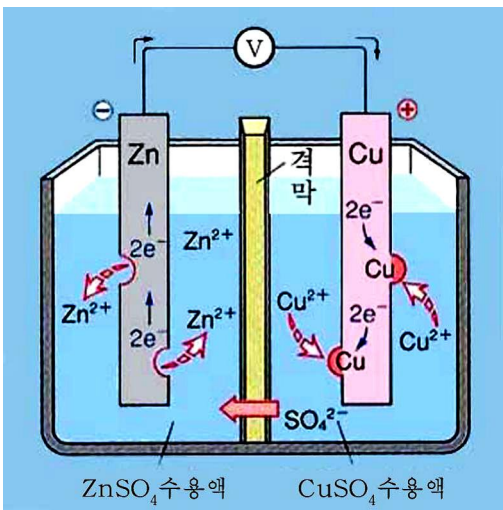



그림 3-2. 다니엘전지

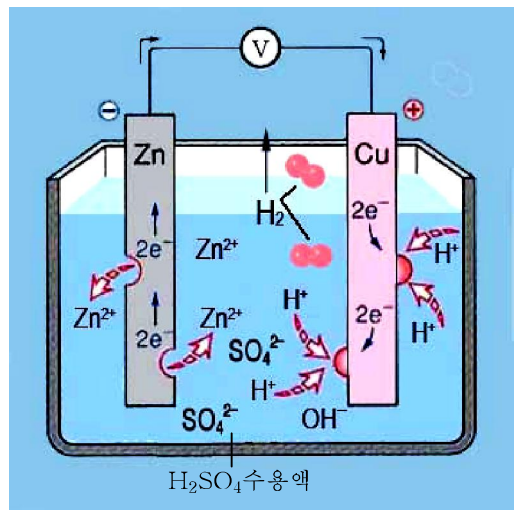



그림 3-3. 볼타전지

ⓘ 실험에서 같은 아연판을 잠그었을 때 전류계의 바늘이 움직이지 않는것은 무엇때문인가?

화학전지를 만들자면;

① 활성이 서로 다른 두 금속이 있어야 한다.

② 전해질이 있어야 한다.

ⓘ 류산동용액에 아연판을 잠그었을 때 일어나는 반응을 이온방정식으로 쓰고 다니엘전지에서 일어나는 반응과 비교하여라. 이 경우에 전류를 얻을수 있는가? 왜 그런가?

산화과정과 환원과정을 서로 다른 곳에서 일으키고 도선으로 이어놓으면 언제나 전류를 얻을수 있다. 그러므로 화학전지는 산화환원반응에서의 전자이동을 도선을 통하여 실현한 장치이다.

양극과 음극의 전극전위차를 **전동력**이라고 부른다.

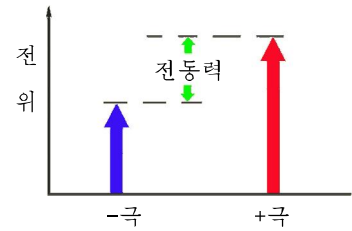
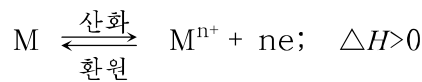



그림 3-4. 전지의 전동력

표준전극전위

ⓘ 금속의 전극전위가 용액의 온도와 그 금속이온의 농도에 어떻게 관계되겠는가를 아래의 식을 보고 설명하여라.

$$\mathrm{M} \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} \mathrm{M}^{n+} + ne; \quad \triangle H>0$$

용액에서 금속이온의 농도가 1㏖/L이고 온도가 25℃(298K)인 때의 산화환원전위를 **표준전극전위**라고 부른다. 표준전극전위가 낮다는것은 금속(M)이 금속이온(M^{n+})으로 산화되면서(용해되면서) 전자를 많이 내준 상태에서 평형이 이루어졌다는것을 의미한다. 따라서 환원제적세기가 세다는것을 알수 있다. 표준전극전위값은 환원제와 산화제의 세기를 평가하는 척도로서 그 값이 작은 물질일수록 환원제적성질이 크고 큰 물질일수록 산화제적성질이 크다.

몇가지 물질의 표준전극전위 표 3-1

반응	전위	반응	전위
$Li \rightarrow Li^{+} + e$	-3.04V	$Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e$	-0.14V
$K \rightarrow K^{+} + e$	-2.93V	$Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e$	-0.13V
$Ca \rightarrow Ca^{2+} + 2e$	-2.87V	$2H^{+} + 2e \rightarrow H_2$	0V
$Na \rightarrow Na^{+} + e$	-2.71V	$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$	0.34V
$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e$	-2.37V	$Hg^{2+} + 2e \rightarrow Hg$	0.79V
$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e$	-1.66V	$Ag^{+} + e \rightarrow Ag$	0.80V
$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$	-0.76V	$Br_2 + 2e \rightarrow 2Br^{-}$	1.09V
$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$	-0.45V	$O_2 + 4H^{+} + 4e \rightarrow 2H_2O$	1.23V
$Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e$	-0.26V	$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^{-}$	1.36V

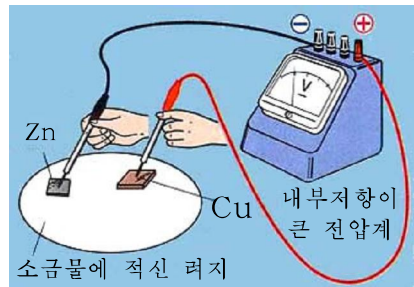
표를 통해 다니엘전지의 표준전동력은 1.1V[0.34V-(-0.76V)=1.1V]라는것을 알수 있다.

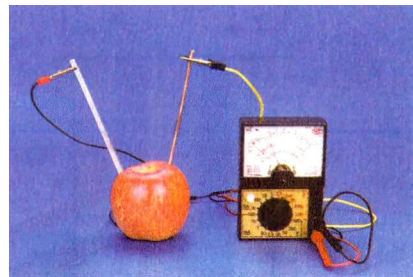
금속의 표준전극전위크기차례가 바로 금속의 활성차례이다.

전지의 발명

이딸리아의 학자 갈바니는 개구리를 해부하는 실험을 하면서 서로 다른 두개의 금속막대기를 개구리의 신경과 근육에 댄 순간 다리근육이 경련을 일으키는것을 발견하였다. 《죽은 개구리는 왜 움직였을가?》 이러한 생각으로 꾸준한 연구를 진행한 끝에 갈바니는 동물의 몸안에 전기가 있다는 생각에 이르렀다. 갈바니의 실험과 《동물전기》에 대한 사실은 사람들을 흥분시켰다.

이딸리아의 물리학자 볼타는 이 수수께끼같은 사실을 해명하려고 노력하던중 동, 아연 등의 금속을 련결하고 그것을 혀끝에 대여보았다. 순간 눈에서 불꽃이 튀여나오는듯 한 충격을 느꼈다. 볼타는 이것을 전류에 의한것이라고 보고 이 전기를 《금속전기》라고 하였다. 그후 소금물이나 알카리수용액으로 적신 천을 두 금속사이에 끼워놓고 회로를 꾸미면 전류가 생긴다는것을 발견하였다. 이것이 1800년에 발명한 볼타전지이며 그후 계속 연구개발되였다.

① 려지를 소금물에 적시고 그우에 동판과 아연판을 서로 떨어지게 놓은 다음 도선으로 전압계와 련결한다.
② 사과에 동판과 아연판을 꽂아넣고 우와 같은 실험을 진행한다.
③ 려지를 알콜로 적시고 그우에 동판과 아연판(겉면이 깨끗하고 마른것)을 떨어지게 놓고 우와 같이 실험을 진행한다.

물 음

㉠ 어느 경우에 전압계의 바늘이 움직이는가?
㉡ 전압계의 바늘이 움직이지 않는 경우는 어느 경우이며 그 리유는 무엇인가?
㉢ 이로부터 화학전지를 만들기 위한 조건은 무엇인가?

문 제

1. 다니엘전지에서 음극으로 아연대신에 마그네시움을 썼다면 이때 전지의 전동력이 본래보다 커지겠는가 작아지겠는가? 그 리유는 무엇인가?
   ㄱ) 두 극에서 일어나는 전극반응식을 써라.
   ㄴ) 전지의 전동력을 크게 하려면 어떤 금속들을 두 전극으로 써야 하는가?
2. 다음과 같은 금속들을 그 염용액에 잠그어 만든 전지에서 어느 금속이 -극으로, 어느 금속이 +극으로 되겠는가? 매 전극에서 일어나는 전극반응식을 써라.
   ㄱ) 마그네시움과 동　ㄴ) 은과 연　ㄷ) 알루미니움과 은
3. 볼타전지가 동작하여 양극에서 수소기체 44.8mL(표준조건)가 생겼다면 도선을 통해 흘러간 전자는 몇㏖인가? 또한 반응에 참가한 류산과 수소이온은 각각 몇㏖인가?
   (**답.** 전자 0.004㏖, H_2SO_4 0.002㏖, H^+ 0.004㏖)

제2절. 건전지와 연료전지

우리가 생활에서 쓰고있는 손전지의 전지약, 전자시계와 전자수판의 전지약들은 대체로 건전지이다. 건전지는 가지수도 많고 쓰이는데도 많다. 가장 많이 쓰이는것이 이산화망간건전지이다.

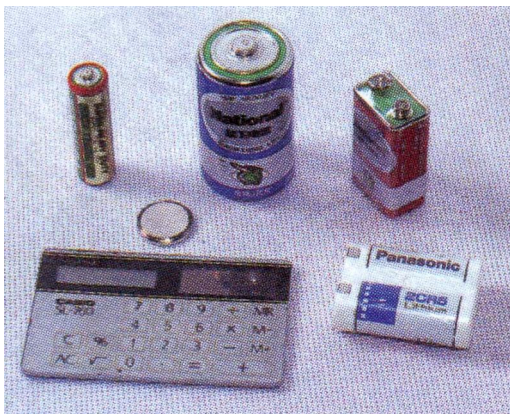



그림 3-5. 여러가지 화학전지

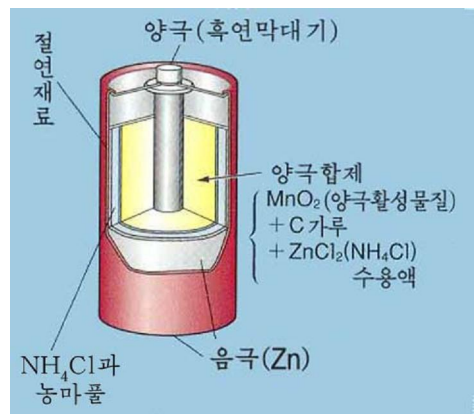



그림 3-6. 이산화망간건전지의 구조

이산화망간건전지

이산화망간건전지의 -극은 아연통이고 양극물질은 이산화망간 MnO_2이다. 전해질은 NH_4Cl을 쓴다. 금속모자를 씌운 흑연막대기는 전자를 전달하는 도체의 역할만을 한다.

이산화망간건전지의 두 극을 이어놓으면 다음과 같은 반응이 일어난다.(그림 3-7)

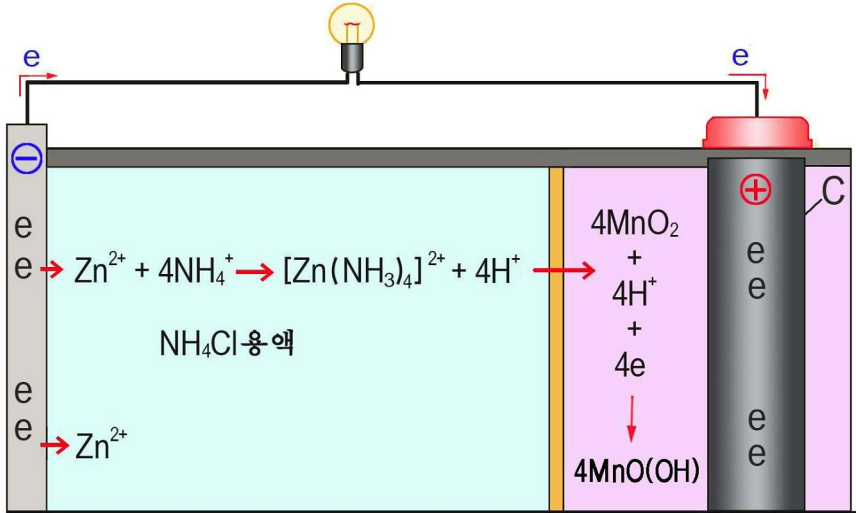



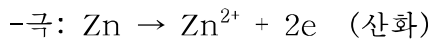
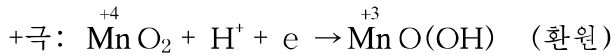
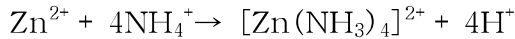
그림 3-7. 이산화망간건전지에서의 화학반응

화학반응에 의하여 전기에네르기가 생기는 과정을 **방전**이라고 부른다.

$$-극: Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e \quad (산화)$$

전해액에서

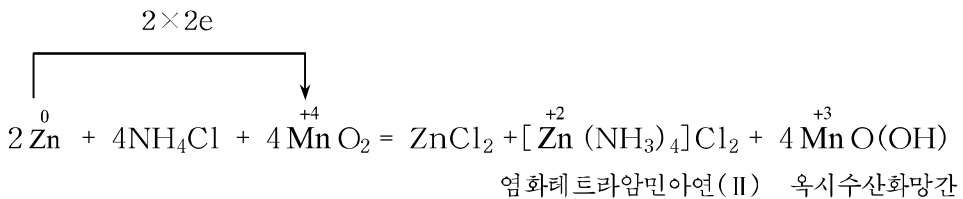
$$Zn^{2+} + 4NH_4^+ \rightarrow [Zn(NH_3)_4]^{2+} + 4H^+$$

$$+극: \overset{+4}{Mn}O_2 + H^+ + e \rightarrow \overset{+3}{Mn}O(OH) \quad (환원)$$

ⓘ 우의 세 반응을 더하여 하나의 반응식으로 써보아라.

※ MnO_2건전지에서 흑연막대기와 같이 전자를 전달하는 역할만을 수행하는 전극을 **불활성전극**이라고 부른다.

이산화망간건전지가 방전할 때 일어나는 산화환원반응은 다음과 같다.

$$\overbrace{2\overset{0}{Zn} + 4NH_4Cl + 4\overset{+4}{Mn}}^{2\times 2e}O_2 = ZnCl_2 + [\overset{+2}{Zn}(NH_3)_4]Cl_2 + 4\overset{+3}{Mn}O(OH)$$

염화테트라암민아연(Ⅱ)　옥시수산화망간

건전지의 전동력은 1.5V이다. 전지가 오래동안 방전하면 전지를 이루는 물질의 농도가 작아지면서 전동력이 떨어져 못쓰게 된다. 한번 쓴 다음 못쓰게 되여 버리는

전지를 **1차전지**라고 부른다. 건전지는 1차전지이다.

건전지의 전해액에 농마풀을 섞는것은 전해액이 흐르지 않게 하자는데 있다. 움직이지 않고 한곳에 고정하여놓고 쓰려면 농마풀을 섞을 필요가 없다. 이렇게 만든 전지는 건전지가 아니라 **습전지**이다.

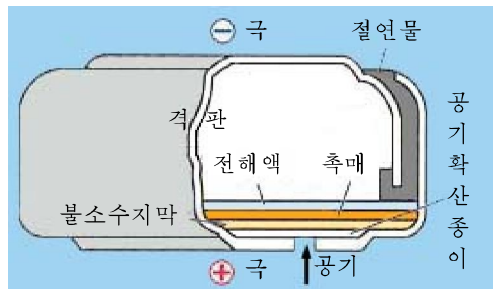
건전지의 발명

레끌란체(프랑스의 화학자, 1839-1882년)는 1868년에 MnO_2과 C를 양극, Zn을 음극으로 하고 NH_4Cl수용액을 전해액으로 한 전지를 만들어 내놓았다. 이것을 개조한것이 이산화망간건전지이다.

몇가지 1차전지들

은전지: 음극으로 Zn, 양극물질로는 Ag_2O, 전해액은 KOH 또는 NaOH를 쓰는 단추형모양의 전지이다. 전동력은 1.55V이다. 전압이 일정하므로 전자시계, 사진기 등에 쓰인다.

공기전지: 음극으로 Zn 또는 Al, 양극물질로 공기중의 산소를 쓴다.

전해액은 MnO_2건전지에서와 같이 NH_4Cl, $ZnCl_2$을 쓰며 KOH를 쓰는 경우도 있다. 전동력은 1.34V이다. 외형은 단추형전지와 같으나 공기중의 산소를 빨아들이는 작은 구멍이 뚫어져있고 사용할 때에는 덮개를 벗긴다.

공기전지의 구조

전지의 대부분은 거의 음극물질이 차지하므로 전기용량이 크다. 보청기 등에 쓰인다.

리티움전지: 음극으로 Li, 양극물질로는 MnO_2이나 불화흑연$(CF)_x$, 전해액은 $LiBF_4$ 등 리티움염의 비수용액을 쓴다.

전동력은 3V이며 가볍고 수명이 10년이나 된다. 단추모양이 제일 많으며 시계, 사진기, 소형전기기구들에 널리 쓰인다.

연료전지

화학전지에서 전류를 얻을수 있는것은 산화환원반응의 결과이다.

일반적으로 연료는 불탈수 있는 재료를 말하는데 불타기는 산화환원반응이다.

ⓘ 수소기체가 산소에 의해 불타는 반응이 산화환원반응이라는것을 설명하여라.

산화되면서 내준 전자를 도선을 거쳐 환원되는 물질에 흘러보낼수 있으면 전류를 얻을수 있다.

연료의 산화환원반응을 리용하여 전류를 얻는 화학전지를 **연료전지**라고 부른다. 대표적인 연료전지는 두 전극사이에 알카리용액을 넣은 알카리수소-산소연료전지이다.(그림 3-8)

그림 3-8. 수소-산소연료전지에서의 산화환원반응

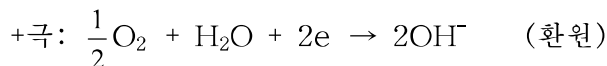
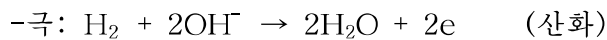
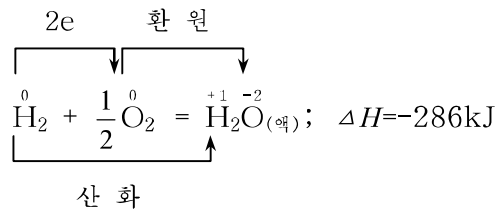
수소-산소연료전지의 방전반응은 다음과 같다.

$$-극:\ H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + 2e \qquad (산화)$$

$$+극:\ \frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e \rightarrow 2OH^- \qquad (환원)$$

이 두 반응을 하나로 묶어 나타내면

$$\overset{0}{H_2} + \frac{1}{2}\overset{0}{O_2} = \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}_{(액)};\quad \Delta H=-286kJ$$

(2e, 환 원: $H_2 \rightarrow O_2$, $O_2 \rightarrow H_2O$; 산 화: $H_2 \rightarrow H_2O$)

수소-산소연료전지의 전동력은 1.48V이다.

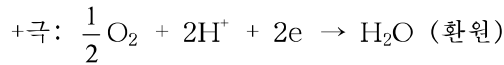
결국 연료전지는 연료(H_2, CO, CH_4, CH_3OH 등)가 가지고있는 화학적에네르기를 직접 전기에네르기로 전환시키는 장치이다.

연료전지는 연료로 수소, 알콜, 천연가스 등을 쓸수 있으며 생성물이 물이므로 공해가 없고 연료의 효률이 높은것으로 하여 널리 리용되고있다. 또한 연료를 넣어주기만 하면 전지가 계속 동작할수 있는 우점이 있다.

(?) 연료전지에서 수소의 산화반응과 공기속에서 수소의 연소반응에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

※ 수소-산소연료전지에는 전해질로 알카리대신 린산을 쓰는것도 있다. 린산형연료전지의 두 극에서 일어나는 반응을 보면 다음과 같다.

$$-극: H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e \ (산화)$$

$$+극: \frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow H_2O \ (환원)$$

알카리수소-산소연료전지는 처음 우주기구들의 전원으로 쓰이면서 생긴 물을 생활용수로 리용한데로부터 유명해졌다. 그러나 CO_2을 흡수하여 전지의 성능이 떨어지기 쉬우므로 최근에는 린산형연료전지가 많이 쓰이고있다.

문 제

1. 다음 문장의 □안에 알맞는 말을 써넣어라.

ㄱ) 이산화망간건전지에서 전자를 받아들이는 물질은 □이다. 이 전자들은 □이 산화되여 생긴것이다.

ㄴ) 이산화망간건전지에서는 아연이 □으로 되는 과정과 함께 이온으로 된 아연이 전지에 들어있는 □와 반응하여 □으로 되는 과정이 함께 일어난다.

ㄷ) 이산화망간건전지에서 방전할 때 일어나는 산화환원과정은 □으로 표시된다.

2. MnO_2건전지와 수소-산소연료전지의 다른 점을 말하여라.

3. 수소-산소연료전지에는 전해질로 산을 쓰는것과 알카리를 쓰는것이 있다.
연료전지의 방전과정에 일어나는 반응은 모두 $2H_2 + O_2 = 2H_2O$로 표시된다.
밑줄을 그은 부분에 해당한 전극반응식을 써라.
전해질로 산을 쓰는 경우 음극반응은 $2H_2 - 4e \rightarrow 4H^+$로 표시할수 있고 양극반응은 _____로 표시할수 있다.
전해질로 알카리를 쓰는 경우 양극반응은 $O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4OH^-$로 표시할수 있고 음극반응은 _____로 표시된다.

제3절. 축전지

건전지는 다 쓴 다음 되살려쓰지 못한다. 그것은 건전지에서 일어나는 반응의 역반응을 일으킬수 없기때문이다.

우리가 생활에서 쓰고있는 충전등에는 축전지가 들어있다. 충전등을 사용하다가 전등불이 어두워지면 다시 충전하여 리용한다.

이와 같이 되살려쓸수 있게 만든 전지를 **축전지**라고 부른다.

흔히 쓰이는 축전지는 전해액이 무엇인가에 따라 산축전지와 알카리축전지로 나눈다. 대표적인 산축전지는 연축전지이다.(그림 3-9)

연축전지

연축전지에서 -극은 연판이고 +극은 PbO_2로 된 극판이며 두 극사이에 격막이 있다. 전해액은 30%정도의 류산용액이다.

연축전지에서도 방전은 산화환원반응이다.(그림 3-10)

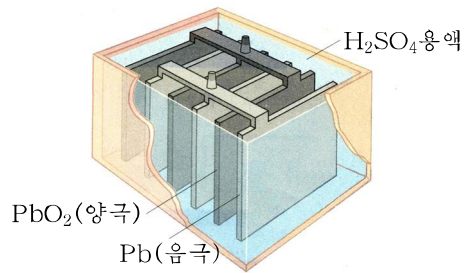



그림 3-9. 연축전지의 속구조

ⓘ 연축전지를 방전시킬 때 -극과 +극에서 일어나는 전극반응식을 써보아라. 어느 극이 산화되고 어느 극이 환원되였는가?

방전과정에 두 극에서 일어나는 반응을 하나로 묶어쓰면 다음과 같다.

$$Pb + PbO_2 + 4H^+ + 2SO_4^{2-} \xrightarrow{\text{방전}} 2PbSO_4 + 2H_2O$$

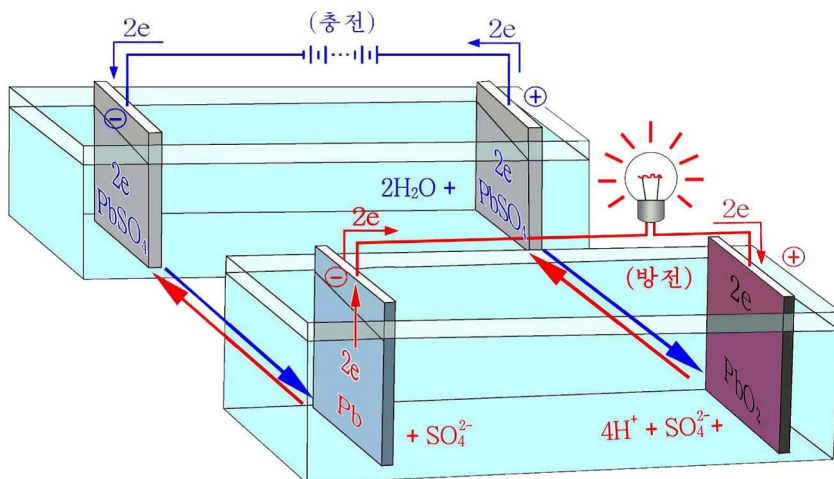
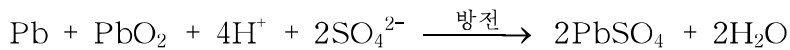
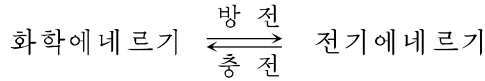



그림 3-10. 연축전지의 방전과 충전과정의 반응

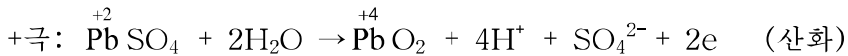
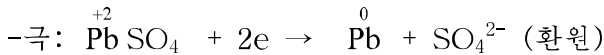
연축전지의 전동력은 2.1V이다. 연축전지가 방전하여 전동력이 1.8V까지 낮아지면 다시 되살리기 위하여 충전한다.

※ $PbSO_4$은 물에 용해되지 않으므로 전극걸면이 $PbSO_4$의 흰색으로 변한다.

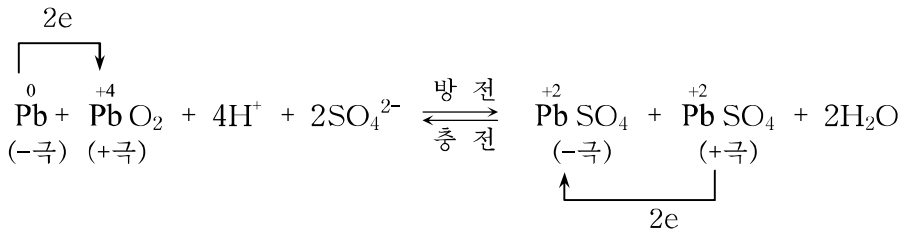
충전이란 축전지를 리용한 다음 전지를 되살리는 과정을 말한다.

$$\text{화학에네르기} \underset{\text{충 전}}{\overset{\text{방 전}}{\rightleftarrows}} \text{전기에네르기}$$

연축전지의 충전과정에 두 극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

$$-\text{극:}\ \overset{+2}{Pb}SO_4 + 2e \rightarrow \overset{0}{Pb} + SO_4^{2-}\ (\text{환원})$$

$$+\text{극:}\ \overset{+2}{Pb}SO_4 + 2H_2O \rightarrow \overset{+4}{Pb}O_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e\ \ (\text{산화})$$

충전과정에 일어나는 반응은 방전과정의 역반응이며 따라서 축전지의 방전과 충전과정은 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$\underset{(-\text{극})}{\overset{0}{Pb}} + \underset{(+\text{극})}{\overset{+4}{Pb}O_2} + 4H^+ + 2SO_4^{2-} \underset{\text{충 전}}{\overset{\text{방 전}}{\rightleftarrows}} \underset{(-\text{극})}{\overset{+2}{Pb}SO_4} + \underset{(+\text{극})}{\overset{+2}{Pb}SO_4} + 2H_2O$$

(방전: 2e, $Pb \rightarrow PbO_2$; 충전: 2e, (+극) → (−극))

ⓘ 연축전지의 방전과정과 충전과정에 류산의 농도는 어떻게 변하는가? 그것은 무엇때문인가?

축전지의 발명

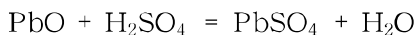
프랑스의 물리학자 쁠랑떼(1834-1889년)는 1859년에 두장의 연판을 묽은 류산에 잠그고 전기를 통과시키면 양극의 표면이 변화되며 외부전류를 끊으면 반대방향으로 전류가 흐르는 현상을 발견하였다.

이것이 후에 축전지의 발명과 결부되였다.

※ 연축전지와 같이 되살려쓸수 있는 전지를 **2차전지**라고 부른다.

※ 공장에서 연축전지는 다음과 같이 만든다.

그물모양으로 만든 연합금에 산화물 PbO를 류산과 반죽하여 발라 말리운것을 두 전극으로 하여 묽은 류산에 잠근다. 이때 PbO는 $PbSO_4$으로 된다.

$$PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O$$

이 두 전극($PbSO_4$)에 직류전원을 련결하면 충전과정의 전극반응이 일어나 음극과 이어진 극판은 Pb로, 양극과 이어진 극판은 PbO_2로 된다.

이처럼 연축전지는 산화수가 +2인 연의 화합물을 산화수가 0, +4인 물질로 만들어 이 물질들사이에 전위차를 크게 함으로써 산화환원반응을 일으켜 전류를 얻게 한것이다.

그림 3-11. 철-니켈축전지의 방전과 충전과정의 반응

알카리축전지(철-니켈축전지)

연축전지와는 달리 알카리축전지에서는 전해액으로 KOH를 쓴다. 흔히 리용되는 알카리축전지는 -극이 Fe, +극은 $Ni(OH)_3$으로 되여있는 철-니켈축전지이다. 철-니켈축전지에서 방전과 충전과정에 일어나는 반응은 그림과 같다.(그림 3-11)

ⓘ 알카리축전지의 방전과 충전과정에 -극과 +극에서 일어나는 전극반응식을 써보아라.

두 극에서 일어나는 반응을 더하여 다음과 같이 쓸수 있다.

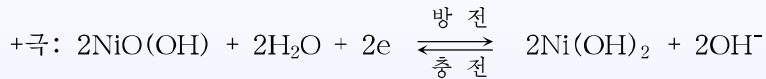
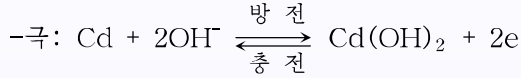
$$\underset{(-극)}{\overset{0}{Fe}} + 2\underset{(+극)}{\overset{+3}{Ni}}(OH)_3 \underset{충전}{\overset{방전}{\rightleftharpoons}} \underset{(-극)}{\overset{+2}{Fe}}(OH)_2 + 2\underset{(+극)}{\overset{+2}{Ni}}(OH)_2 \quad (2e)$$

알카리축전지의 전동력은 1.25V~1.35V이다.

몇가지 2차전지들

카드미움-니켈전지: -극으로 Cd, +극으로 옥시수산화니켈 NiO(OH)을, 전해액으로 KOH를 리용한다.

$$-극:\ Cd + 2OH^- \underset{충전}{\overset{방전}{\rightleftarrows}} Cd(OH)_2 + 2e$$

$$+극:\ 2NiO(OH) + 2H_2O + 2e \underset{충전}{\overset{방전}{\rightleftarrows}} 2Ni(OH)_2 + 2OH^-$$

전동력은 1.3V이며 1960년대부터 가정들에서 작은 전기기구들에 리용되였다.

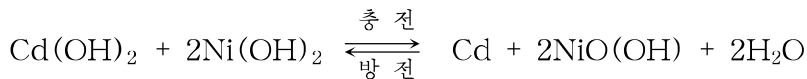
수소-니켈전지: -극으로는 수소를 흡장하는 합금(MH로 표시), +극으로는 우의 전지와 같이 NiO(OH)를 사용한다. 전해액은 KOH를 주성분으로 한다. 독성이 있는 카드미움을 쓰지 않으며 용량이 크기때문에 카드미움-니켈전지를 대신하여 1990년대부터 리용되고있다.

리티움이온전지: -극으로는 Li과 C의 복합전극, +극으로 코발트산리티움 $LiCoO_2$, 전해액은 리티움염의 유기전해액을 사용하고있다.

전동력은 약 4V이다. 충전조작이 복잡하고 전지마다 전용기구가 필요하지만 가볍고 용량이 크므로 1995년부터 휴대용전화기와 탁상용콤퓨터 등에 널리 리용되고있다.

문 제

1. 연축전지의 방전과정에 양극판과 음극판의 질량은 어떻게 변하는가?
   전자 2㏖이 흘렀을 때 양극과 음극의 질량변화를 말하여라.
2. 알카리축전지의 마개를 열어 공기중에 오래 놓아두면 나쁘다. 그 리유는 무엇인가?
   방전과정에 연축전지에서처럼 전해액의 농도가 변하겠는가 변하지 않겠는가?
3. 카드미움-니켈축전지에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

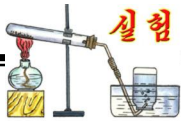
$$Cd(OH)_2 + 2Ni(OH)_2 \underset{방전}{\overset{충전}{\rightleftarrows}} Cd + 2NiO(OH) + 2H_2O$$

이로부터 이 축전지의 음극물질은 방전과정에는 ________이고 충전과정에는 _____이라는것을 알수 있다. 해당한 답을 아래에서 선택하여 써넣고 그 리유를 밝혀라.

ㄱ) Cd　　ㄴ) NiO(OH)　　ㄷ) $Cd(OH)_2$　　ㄹ) $Ni(OH)_2$

제4절. 전기분해

화학전지에서는 산화환원반응에 의하여 전류가 생긴다. 그러나 축전지의 충전과정에서는 전류에 의하여 두 극에서 화학반응이 일어난다.

전해액에 전류를 통과시켜 전극에서 새로운 물질을 얻어낼수 있지 않겠는가?

염화동수용액에 전기를 통과시켜보자.

$CuCl_2$용액의 전기분해

염화동용액을 비커에 넣은 다음 거기에 2개의 흑연막대기를 잠그고 직류를 통과시킨다. 두 전극에서 어떤 현상이 일어나는가?

나오는 기체는 무엇인가? 음극겉면에 생긴 물질은 무엇인가?

염화동용액이 전류의 작용을 받으면 분해반응이 일어나 동과 염소기체가 생긴다.

이 사실을 어떻게 설명할수 있는가?

염화동용액에는 $CuCl_2$과 H_2O가 해리될 때 생기는 네가지 이온이 함께 들어있다.(그림 3-12)

직류전압을 걸어주면 양이온은 음극에, 음이온은 양극에 끌려가 전류가 흐른다.

? 우의 실험결과로부터 양이온 Cu^{2+}와 H^+중에 어느 이온이 음극에 먼저 끌려가는가? 그 이온은 전자를 내보내는가 받아들이는가를 말하여라.

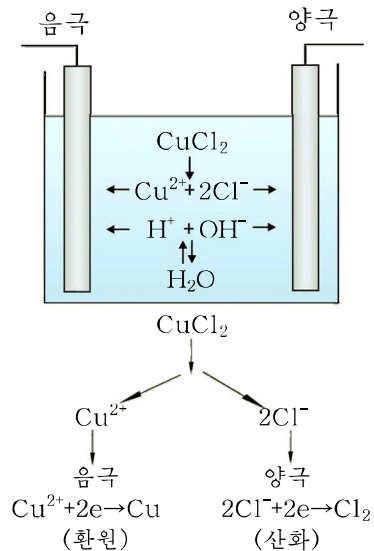



그림 3-12. $CuCl_2$수용액의 전기분해과정

음극에는 산화환원전위가 높은 금속양이온(전자를 받아 환원되려는 경향이 큰 이온)이 먼저 끌려가 환원된다.

$$-극: Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu \text{ (환원)}$$

양극에서는 어느 음이온이 먼저 산화되겠는가?

양극에서는

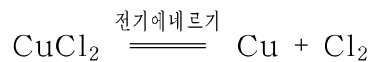
단원자음이온(례: Cl^-, Br^-, I^- 등) > 수산이온 > 산소산이온

과 같은 차례로 먼저 양극에 끌려가 반응한다. 그리하여 음이온 Cl^-와 OH^-가운데서 Cl^-가 양극에서 산화된다.

$$+극: 2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2 \text{ (산화)}$$

외부전류에 의하여 전극에서 일어나는 산화환원과정을 **전기분해**라고 부른다.

결국 염화동용액에서는 전류에 의하여 동과 염소기체를 얻을수 있다.

$$CuCl_2 \xrightarrow{\text{전기에네르기}} Cu + Cl_2$$

파라데이법칙

전기분해할 때 전극에서 얻어지는 물질의 량과 전기량사이에는 어떤 관계가 있겠는가? 이 관계를 밝힌 법칙이 파라데이법칙이다.

$CuCl_2$용액을 전기분해할 때 Cu와 Cl_2 1㏖이 얻어지는 산화환원반응에서는 제가끔 전자 2㏖이 참가한다.

$$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu \qquad 2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$$

2㏖ 1㏖ 2㏖ 1㏖

그러면 전자 1㏖의 전기량은 얼마인가?

전자 1개의 전기량은 1.602×10^{-19}C이므로 전자 1㏖의 전기량은

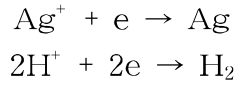
$$1.602\times10^{-19}\text{C/개} \times 6.023\times10^{23}\text{개} \approx 96485\text{C}$$

이다.

이 값을 1F(파라데이)라고 부른다.

1F=96485C/㏖

그러므로 Cu^{2+} 1㏖을 Cu로 환원시키는데 2F의 전기량이 필요하다.

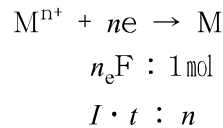
? 전기분해하여 아래와 같이 Ag과 H_2를 제가끔 1㏖ 얻는데 몇F의 전기량이 들겠는가?

$$Ag^{+} + e \rightarrow Ag$$
$$2H^{+} + 2e \rightarrow H_2$$

? 일반적으로 반응 M^{n+}+ne → M에서 물질 M을 1㏖ 얻자면 몇F의 전기량이 들겠는가?

물질 1㏖을 전기분해하는데 n_c㏖의 전자가 참가하면 n_cF의 전기량이 필요하다. 이것을 **파라데이법칙**이라고 부른다.

만일 용액속으로 *I*A의 전류를 *t*s동안 흘러보내여 전기분해할 때 생기는 물질량 *n*은 다음과 같다. $Q = I \cdot t$이므로

$$M^{n+} + ne \rightarrow M$$
$$n_e F : 1\ \text{㏖}$$
$$I \cdot t : n$$

따라서

$$\frac{\quad}{{}_{c} \cdot F}$$

문 제

1. 세 물질 NaCl, K_2SO_4, $CuSO_4$수용액이 각각 있다.

ㄱ) 흑연전극을 써서 전기분해할 때 매 경우 양극과 음극에서 일어나는 전극반응식을 써라.

ㄴ) 전기분해결과 매 수용액속에 남게 되는 이온들은 무엇인가?

ㄷ) 전기분해결과 본래보다 용액의 농도가 짙어지는것은 어느 수용액인가?

2. 염화동용액에 3A의 전류를 2h동안 통과시킬 때 생기는 염소기체의 체적은 25℃, 0.1MPa에서 얼마나 되겠는가? (**답.** 2.73L)

3. 염화동용액을 전기분해할 때 양극에서 어떤 기체가 11.2L(표준조건) 생겼다면 염화동 몇g이 전기분해되였겠는가? (**답.** 67.25g)

4. 전기분해하여 동을 얻으려고 할 때 $CuCl_2$용액과 $CuSO_4$용액가운데서 어느것을 쓰면 좋겠는가? 그 리유를 설명하여라.

5. 염화니켈 $NiCl_2$용액을 1h동안 전기분해할 때 음극에 니켈 11.74g이 얻어졌다. 몇A의 전류가 흘렀는가? (**답.** 10.7A)

6. 화학전지와 전기분해의 양극과 음극에서 일어나는 전극반응이 차이나는 점은 무엇인가?

제5절. 전기분해의 리용

가성소다만들기

경애하는 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《가성소다공장과 탄산소다공장들을 잘 꾸려야 하겠습니다.》

가성소다는 화학섬유와 종이, 비누생산 등 인민경제 여러 부문에 쓰이는 기초화학물질의 하나이며 가성소다생산과정에 함께 얻어지는 염소는 염화비닐수지, 농약생산을 비롯한 여러 부문에 쓰이는 화학물질이다.

경애하는 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에는 가성소다생산의 물질기술적토대가 튼튼히 마련되였으며 대규모의 가성소다공장들과 함께 지방들마다 중소규모의 가성소다공장들이 건설되여 은을 내고있다.

공업적으로 가성소다는 소금물을 전기분해하여 만든다.

(?) 소금물에는 어떤 이온들이 들어있는가? 소금물을 전기분해하면 음극과 양극에 제가끔 어떤 물질이 생기겠는가? 용액속에 남는 이온은 무엇인가?

실험

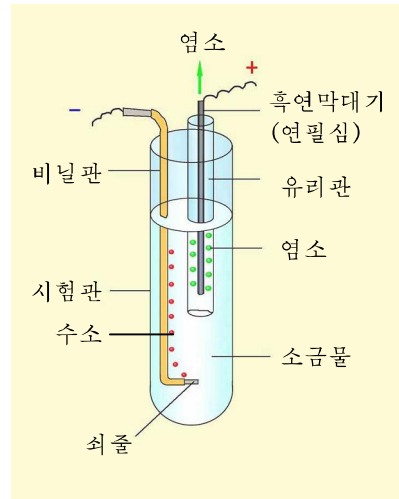
소금물의 전기분해

소금물에 페놀프탈레인을 몇방울 떨구고 철음극과 흑연양극을 잠근 다음 직류를 통과시킨다. 전기분해할 때 어떤 현상이 생기는가?

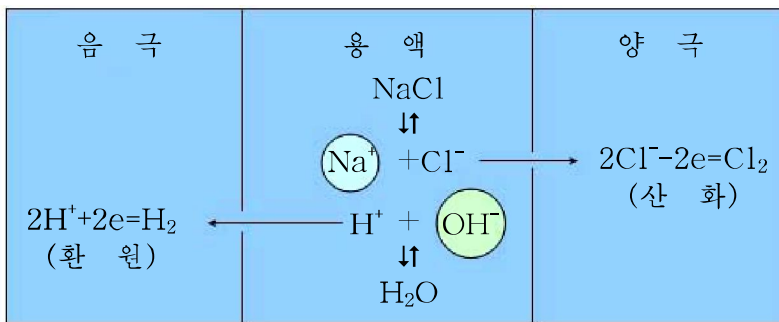
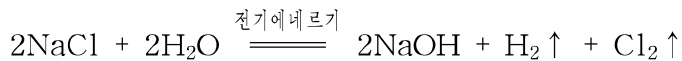
① 양극에서 어떤 현상이 나타나는가?

② 양극에서 일어나는 반응의 전극반응식을 써라.

③ 음극에서 어떤 현상이 나타나는가?

④ 음극에서 일어나는 반응의 전극반응식을 써라.

이때 일어나는 반응은 다음과 같이 나타낼수 있다.

이것을 하나로 묶어 나타내면

$$2NaCl + 2H_2O \xlongequal{\text{전기에네르기}} 2NaOH + H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$$

Ⓟ 소금물을 전기분해할 때 음극주위의 용액이 분홍색으로 되는것은 무엇때문인가?

Ⓟ 생긴 가성소다와 염소가 서로 만나면 어떤 반응이 일어나는가? 이로부터 소금물을 전기분해할 때 무엇을 막아야 하겠는가?

공장에서는 가성소다를 격막법과 수은법이라는 두가지 방법으로 만든다.

격막법에서는 철을 음극, 흑연을 양극으로 하고 철전극에 돌솜으로 만든 격막을 붙여 양극에서 생기는 염소와 음극에서 생기는 가성소다가 반응하지 못하도록 한다.(그림 3-13)

수은법에서는 흘러가는 수은을 음극, 티탄전극을 양극으로 쓴다. 음극을 수은으로 쓰면 Na^+와 H^+가운데서 먼저 Na^+가 환원된다. 그것은 수은겉면에서 H^+가 환원되기 어렵기때문이다.

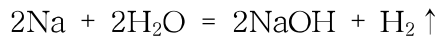
$$Na^+ + e \rightarrow Na$$

생긴 Na은 수은에 풀려 나트리움아말감을 만든다.

※ 수은에 다른 금속이 용해된것 즉 수은의 합금을 **아말감**이라고 부른다. 수은에 Na이 용해된것을 **나트리움아말감**이라고 부른다.

그림 3-13. 격막법에 의한 가성소다만들기

나트리움아말감을 흑연덩어리와 쇠밥이 차있는 탑에서 더운물과 작용시키면 아말감속에 들어있던 나트리움이 물과 반응하여 가성소다와 수소가 생긴다.

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$$

양극에서는 격막법에서와 같이 Cl_2기체가 생긴다.

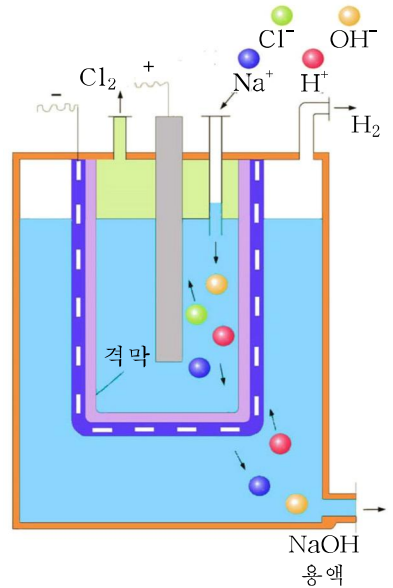
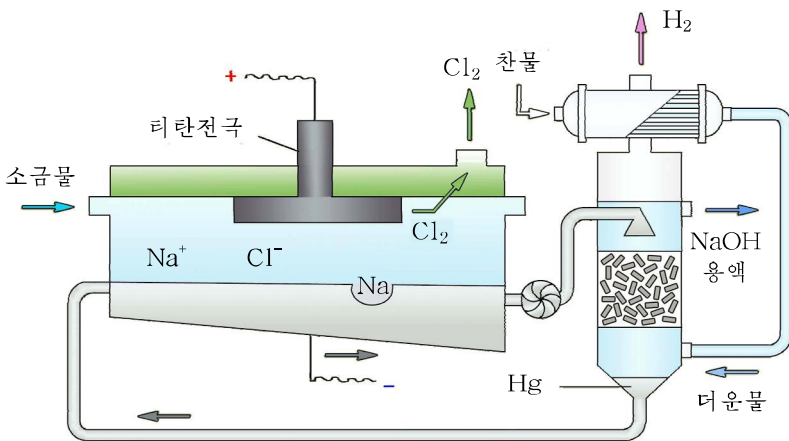



그림 3-14. 수은법에 의한 가성소다만들기

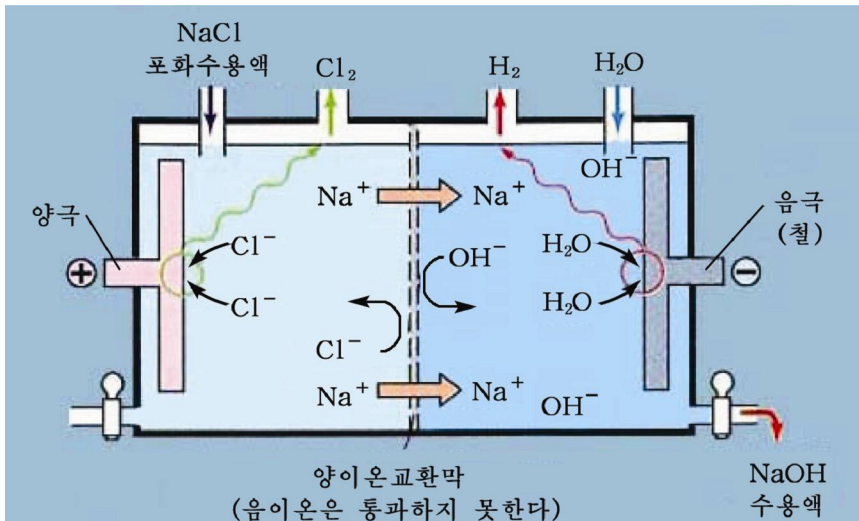
수은법으로 만든 가성소다는 격막법으로 만든것보다 순도가 높다.

? 가성소다를 만들 때 생긴 수소와 염소기체를 섞어 빛을 쪼이면 어떤 물질이 생기는가? 이것으로 무엇을 만들수 있는가?

이온교환막에 의한 가성소다 만들기

이 방법은 양이온(Na^+)만을 통과시키는 양이온교환막을 격막으로 써서 소금물을 전기분해하여 가성소다를 만드는 방법이다. 양이온만 통과시키는 양이온교환막을 격막으로 하고 격막법에서와 같이 철을 음극으로, 티탄을 양극으로 하는 전해조를 구성한다. 소금물은 양극실에만 공급하고 음극실에는 깨끗한 물을 보충한다.

전원을 련결하면 두 극에서 반응이 일어나는 동시에 용액속에서 Na^+은 양이온교환막을 통과하여 음극실에 넘어간다. 그러나 음극반응의 결과 생겨난 OH^-는 양이온교환막을 통과하지 못하므로 음극실에 남아 Na^+와 결합하여 가성소다로 되여나온다.

이 방법으로는 수은법에서와 같이 제품의 순도를 높일수 있다. 특히 이 방법은 수은법이나 격막법에서와 같이 값비싼 수은이나 석면을 쓰지 않을뿐아니라 수은에 의한 공해를 막는데도 의의가 있으며 발전전망이 크다.

동의 만들기

전기분해를 리용하여 여러가지 유색금속을 만든다.

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《동은 인민경제 여러 부문에서 쓰이고있으며 경제가 발전하는데 따라 그 수요는 더욱 늘어나고있습니다.》

동은 나라의 방위력을 강화하며 인민경제를 현대화하는데서 없어서는 안될 중요한 금속이다.

경애하는 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 오늘 우리 나라에는 튼튼한 동생산기지가 꾸려졌다.

동광석가운데서 우리 나라에 많은것은 황동광($CuFeS_2$)이다. 황동광으로부터 동을 만드는 공정은 다음과 같다.

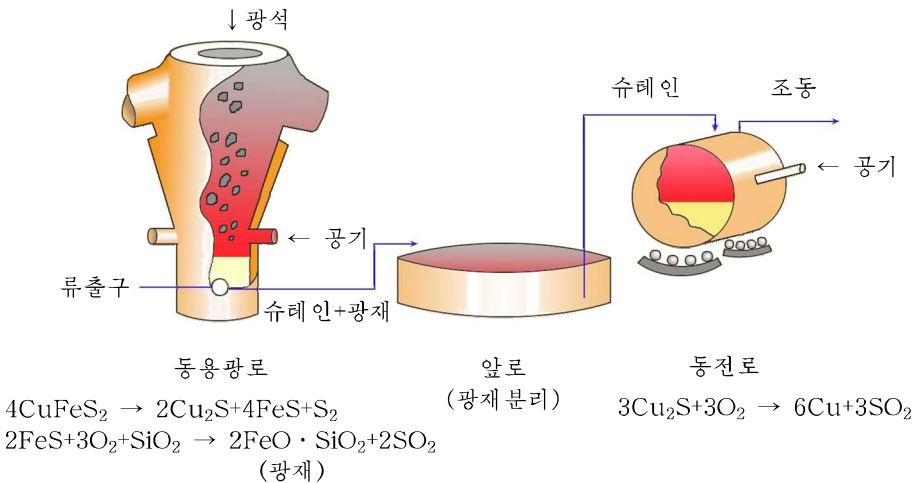
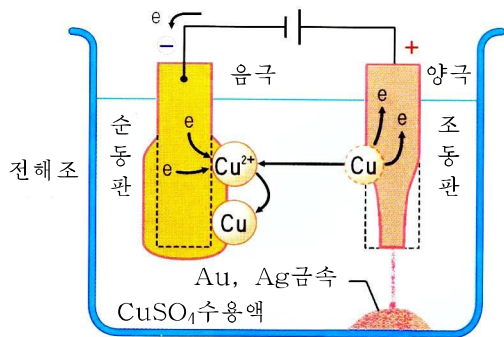
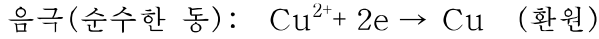
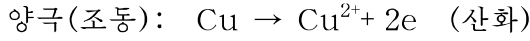



그림 3-15. 동을 만드는 공정

동전로에서 얻어진 동속에는 아직 불순물들이 있다. 이것을 **조동**이라고 부른다. 조동을 전해조에서 전기분해하여 순수한 동을 얻는다.

류산동용액속에서 조동을 양극으로, 얇은 순수한 동판을 음극으로 하여 전기분해하면 순수한 동을 얻을수 있다. 이때 양극과 음극에서는 다음의 반응이 일어난다.

그림 3-16. 전기분해에 의한 조동의 정제

양극(조동): Cu → Cu^{2+}+ 2e (산화)

음극(순수한 동): Cu^{2+}+ 2e → Cu (환원)
전기동

전기동에는 동이 99.99% 들어있다.

※ 전해질용액과 전극이 들어있는 그릇을 **전해조**라고 부른다.

전해조의 양극밑에는 Cu보다 활성이 작은 Ag와 Au 등의 금속이 양극찌끼로 되여 침전되며 Cu보다 활성이 큰 금속은 양이온으로 되여 그대로 용액속에 남는다. 이와 같이 전기분해를 리용하여 불순물이 들어있는 금속으로부터 순수한 금속을 얻는 과정을 **전해정련**이라고 부른다.

전해정련에서는 양극을 이루는 금속이 산화되여 이온으로 풀려나오고 음극에서는 이 이온이 금속으로 환원된다.

순수한 연은 용광로에서 얻은 조연을 규불산연 $PbSiF_6$을 전해액으로, 순수한 니켈은 조니켈을 류산니켈용액을 전해액으로 하여 전해정련의 방법으로 만든다.

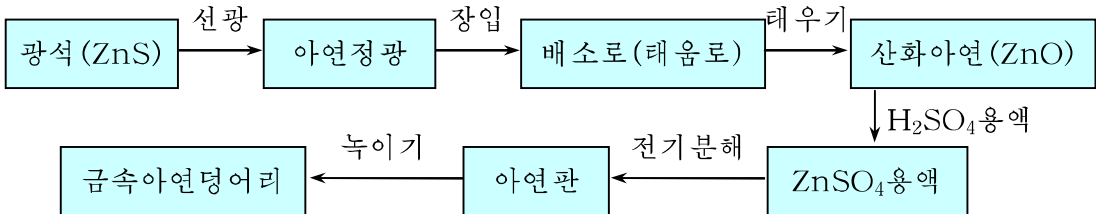
1) 양극과 음극을 각각 무엇으로 하여야 하는가?

2) 두 극에서 일어나는 반응식을 써보아라.

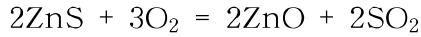
아연만들기

아연은 아연도금철판과 합금 등을 만드는데 쓰인다.

순수한 아연을 얻을 때에도 전기분해가 적용된다.

아연을 만드는데 쓰이는 중요한 광석은 섬아연광(ZnS)이며 아연을 만드는 공정은 다음과 같다.

아연만들기공정도

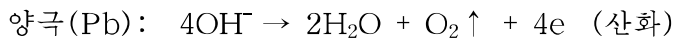
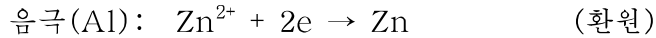
배소로에서 진행되는 반응은 다음과 같다.

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$$

↓ 류산만들기에 리용

ⓘ $ZnSO_4$용액만들기의 반응방정식을 써보아라.

전해조에서는 양극으로 Pb, 음극으로 Al판을 써서 $ZnSO_4$용액을 전기분해한다.

음극(Al): $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$ (환원)

양극(Pb): $4OH^- \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow + 4e$ (산화)

음극겉면에 나붙은 아연을 꺼내 녹여서 일정한 형태의 전기아연(순도99.98%)덩어리로 만든다.

① $ZnSO_4$용액의 전기분해과정에 용액속에는 어떤 이온들이 남게 되며 그것을 어디에 쓸수 있겠는가?
② 양극과 음극을 다 아연판으로 할수 있는가? 왜 그런가?
③ 왜 음극을 Al로, 양극을 Pb로 하는지 이 금속들의 성질로부터 생각해보아라.

※ 아연처럼 금속의 염용액을 전기분해하여 순수한 금속을 얻는 방법을 **전해제련**이라고 부른다.

알루미니움만들기

알루미니움은 매우 가볍고 기계적성질이 좋으며 그의 산화물은 부동태화되여 잘 부식되지 않으므로 기계설비들과 건재용품들을 비롯하여 인민생활에 필요한 제품들을 만드는데서 중요한 의의를 가진다.

경애하는 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에서는 알루미니움을 비롯한 경금속을 생산하는 공업이 새로운 발전단계에 들어섰다.

알루미니움은 어떻게 만드는가?

? 알루미니움은 동과 같이 수용액을 전기분해하여 만들수 있는가? 왜 그런가?

알루미니움은 알루미니움광석을 구워 알루미나(Al_2O_3)를 얻고 그것을 녹인 다음 전기분해하여 얻는다. 알루미나는 높은 온도(2 050℃)에서 녹기때문에 녹음점을 낮추기 위하여 여기에 빙정석($3NaF \cdot AlF_3$)을 알맞게 섞는다. 그러면 약 1 000℃에서 녹는다. 알루미나의 전기분해에서는 두 전극을 다 흑연으로 하는데 음극은 전해조의 바닥에, 양극은 우에 설치한다. 전기분해는 3 500A, 4~6V에서 진행한다.

알루미나는 녹으면서 다음과 같이 해리한다.

$$4Al_2O_3 = 2Al(AlO_2)_3 \rightleftharpoons 2Al^{3+} + 6AlO_2^-$$

두 전극에서는 다음과 같은 반응이 일어난다.

음극: $2Al^{3+} + 6e \rightarrow 2Al$

양극: $6AlO_2^- - 6e \rightarrow 3Al_2O_3 + \frac{3}{2}O_2$, $3C + \frac{3}{2}O_2 = 3CO$

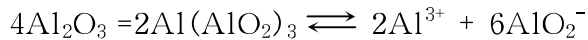
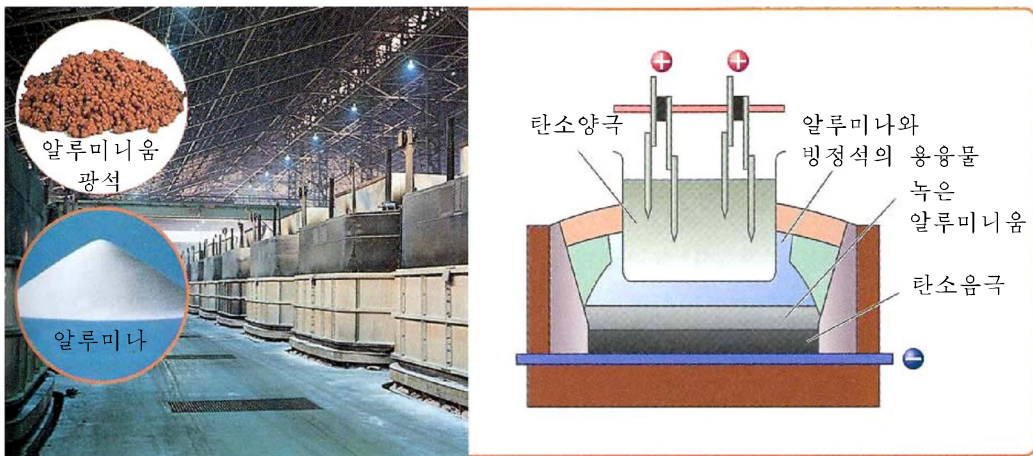
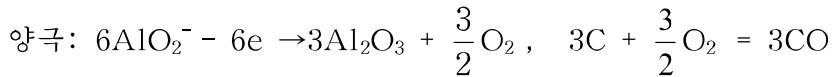
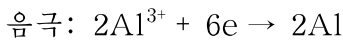
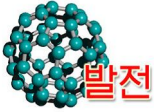



그림 3-17. 알루미니움의 만들기

양극에서는 생긴 산소에 의해 흑연전극이 산화되여 CO가 나온다. 이처럼 물질을 녹여서 전기분해하는것을 **용융전기분해**라고 부른다.

? 세가지 금속 Cu, Zn, Al 만드는 방법은 서로 같은가 다른가? 그 리유는 무엇인가?

금속을 만드는 방법

① 활성이 매우 작아 자연계에 단순물로 존재하는 금속은 광석속에 있는 돌과 같은 성분을 제거하면 얻어진다.
례 : Au, Ag, Pt

② 활성이 그리 크지 않은 금속은 그 산화물광석을 환원제(CO, C)를 써서 환원하여 만든다.
례 : Fe, Pb, Cu, Zn
※ 류화물광석은 산소로 태워 산화물로 변화시킨다.
얻어진 금속의 순도를 높이기 위하여 전해정련 또는 전해제련하기도 한다.

③ 활성이 커서 보통의 방법으로 환원하기 힘든 금속은 보통 용융전기분해하여 만든다.
례 : Na, Mg, Al

전해도금

ⓘ 동의 전해정련에서 음극을 철판으로 하면 겉면에 무엇이 생기겠는가?

전기분해를 리용하여 어떤 금속겉면에 다른 금속을 얇게 입히는 과정을 **전해도금**이라고 부른다.

도금을 하는 목적은 주로 금속이 부식에 견디는 능력을 높이면서 보기에도 좋게 하는데 있다. 니켈도금과정은 그림 3-18과 같다.

전해도금의 특징은 양극자체가 전극반응에 참가하는것이다.

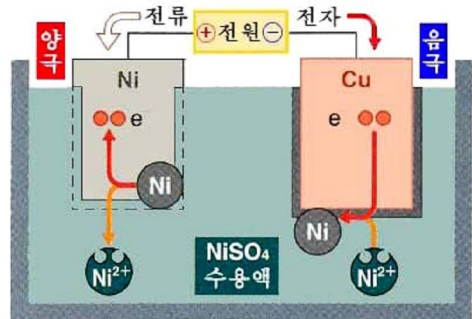



그림 3-18. 니켈도금

ⓘ 니켈도금에서 음극과 양극은 제가끔 무엇으로 하는가?

ⓘ 전해액은 무엇을 쓰며 두 극에서 일어나는 전극반응식을 어떻게 쓸수 있는가?

ⓘ 일반적으로 전해도금에서는 음극과 양극, 전해액을 무엇으로 해야 하는가?

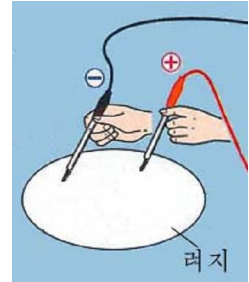
가소물도금

가소물도 전해도금할수 있다. 가소물은 부도체이므로 금속처럼 직접 도금할수 없다. 도금하기 전에 가소물겉면을 예비처리하여 기름과 혼입물을 제거한 다음 화학적인 방법(거울에 은이 나붙게 하는 방법)으로 전기를 흐르게 하는 금속막을 씌우고 금속전해도금때와 같이 그것을 음극으로 하여 전해도금한다.

가소물을 도금처리한 제품은 가볍고 겉모양이 보기 좋은 등의 우점을 가지고 있으며 동과 알루미니움 같은것을 대신할수 있을뿐아니라 가공공정을 단축하고 원가를 낮출수 있다.

현재 가소물도금기술은 전자광학기구, 기대단추, 경공업제품생산 등 여러 부문에 리용되고있다.

문 제

1. 그림과 같이 소금물과 요드화칼리움농마용액을 섞은것으로 려지를 적시고 그 려지를 유리판우에 놓았다. 려지의 한끝을 도선으로 전지의 음극에 잇고 전지의 양극에 이은 도선의 끝을 려지우에 대였다.

ㄱ) 양극주위에서 나타나는 현상과 그 원인을 설명하여라.

ㄴ) 일정한 시간이 지난 다음 음극주위에 페놀프탈레인용액을 떨구었을 때 나타나는 현상과 그 원인을 설명하여라.

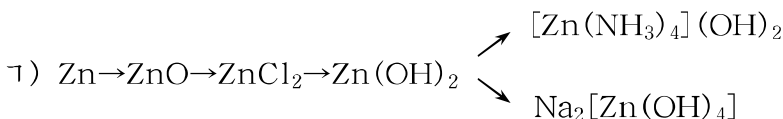
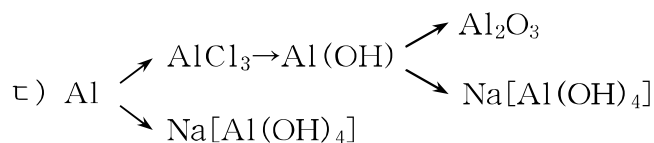
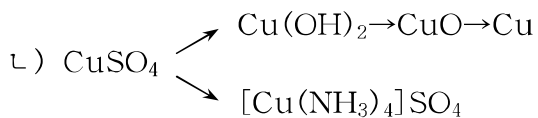
ㄷ) 두 극에서 일어나는 전극반응식을 써라.

2. 백금전극으로 일정한 농도의 류산동용액을 전기분해한다. Cu^{2+}농도가 절반으로 낮아졌을 때 전류통과를 중지시켰다. 만일 류산동용액을 처음농도로 만들어주기 위해 넣어주어야 할 적당한 물질은 아래의 물질들가운데서 ( )이다.

ㄱ) $CuSO_4$ ㄴ) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ㄷ) CuO ㄹ) $Cu(NO_3)_2$

3. 아연전해조에서 1h동안에 아연 200g을 얻자면 몇A의 전류를 통과시켜야 하는가? (**답.** 약 164A)

4. 다음의 변화과정을 화학방정식으로 써라.

ㄱ) $Zn \rightarrow ZnO \rightarrow ZnCl_2 \rightarrow Zn(OH)_2$ ↗ $[Zn(NH_3)_4](OH)_2$ ↘ $Na_2[Zn(OH)_4]$

5. 아연 1t을 생산하는데 ZnS이 56% 들어있는 섬아연광이 몇t 필요한가?

(**답.** 2.66t)

6. 류산니켈용액을 니켈전극으로 전기분해하였더니 음극에 Ni이 0.293 5g 나붙었다.

ㄱ) 흘러간 전기량은 몇C인가?

ㄴ) 양극의 질량은 증가하였는가 감소하였는가? 그 값은 얼마인가?

(**답.** 964.85C, 0.293 5g 감소)

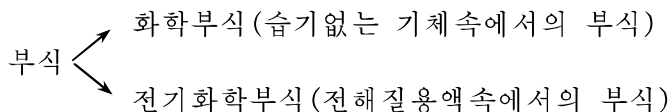
제6절. 금속의 부식과 보호

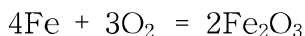
우리는 주위에서 금속과 금속재료로 만든 제품들이 부식되여 못쓰게 되는것을 보게 된다. 땅속에 묻혔던 철관을 꺼낼 때 겉면에서 쉽게 떨어지는 더뎅이를 볼수 있고 동의 합금인 놋그릇을 오래 놓아두면 겉면이 검게 되며 습기가 있는데서는 풀색을 띤 물질이 생기는것을 볼수 있다. 그러므로 이러한 부식의 원인을 잘 알고 부식을 막기 위한 대책을 철저히 세우는것이 매우 중요하다.

금속의 부식

금속이 주위의 기체 또는 액체물질과 화학반응을 일으켜 못쓰게 되는 현상을 금속의 **부식**이라고 부른다.

부식 → 화학부식(습기없는 기체속에서의 부식)

부식 → 전기화학부식(전해질용액속에서의 부식)

화학부식은 금속이 습기없는 기체(O_2, Cl_2, H_2S 등)와 접촉할 때 일어나는 부식이다. 잘 닦아서 반짝이는 쇠줄을 불속에서 달구면 검붉은색으로 녹쓸며 보다 세게 달구면 더뎅이가 생기면서 부풀어오른다. 이것은 쇠줄이 공기속의 산소와 반응하여 산화물이 생기면서 부식되는 현상이다.

$$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$$

이 산화물은 촘촘하지 못하여 기체가 그속으로 스며들어가 계속 작용하게 되여 부식은 계속된다.

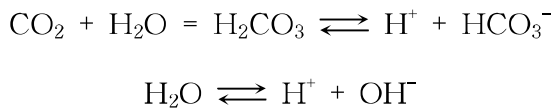
그러나 알루미니움은 겉면에 생긴 Al_2O_3이 매우 촘촘하여 기체가 스며들어가지 못하게 되여 부식은 더는 일어나지 않는다. 이처럼 금속은 녹이 쓸면 겉면으로부터 속안으로 부식이 계속되는 경우와 치밀한 녹의 얇은 막이 속안의 부식을 막는 경우가 있다.

거의 모든 부식은 전기화학부식이다. 일상생활에서 공기속에 놓여있는 금속이 녹쓰는것도 전기화학부식이다. 왜 그런가?

그림 3-19. 쇠못의 부식

공기속에는 언제나 습기와 함께 탄산가스가 들어있으므로 금속겉면에는 다음과 같은 전해질해리가 일어나 생긴 전해질이온들이 붙어있다.

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

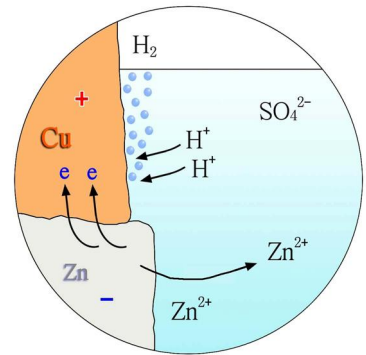
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

그러면 공기속에 놓여있는 금속은 전해질용액속에 잠겨있다고 볼수 있다.

산용액에서 금속의 부식을 고찰하여보자.

류산용액에 아연만 넣는 경우 반응에서 생긴 H_2기체는 아연겉면에서 즉시에 떨어지는것이 아니라 일정한 크기의 기체방울로 되여야 떨어져나오게 되는데 이렇게 되면 아연과 류산의 접촉이 충분하지 못하여 부식속도가 떠진다.

그러나 아연과 동이 닿아있는 경우에는 수소기체가 동겉면에서 날아나오기때문에 아연이 Zn^{2+}으로 산화되여 풀려나오는것을 방해하지 않으며 따라서 아연은 더 빨리 부식된다.

그림 3-20. 전기화학부식

이처럼 금속은 불순물이 들어있으면 부식이 더 잘되며 이때 전지가 이루어져 -극으로 되는 활성이 큰 금속만이 부식된다.

ⓘ 금속이 부식될 때 금속의 산화수가 어떻게 변하는가?

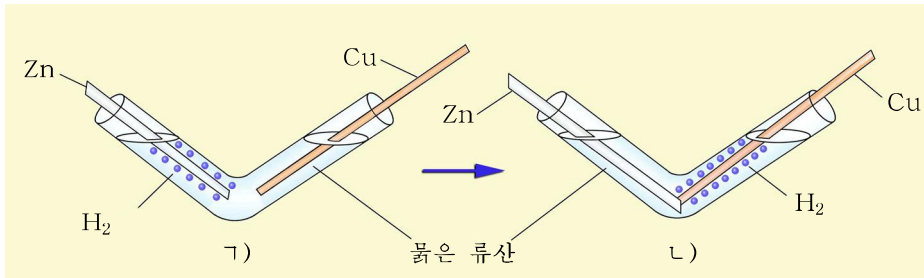
부식의 본질은 금속의 산화수가 커지는 과정이라는데 있다.

—전해질용액속에서의 부식은 어떤 경우에 빨리 일어나는가?—

1) ㄱ)실험에서 수소기체가 나오는것은______. 이때 반응방정식은 ______. 따라서 전해질용액속에서 금속의 부식은 산화환원전위가 _____수록 더 빨리 ______.

2) ㄴ)실험에서 수소기체는 _____금속겉면에서도 나온다.

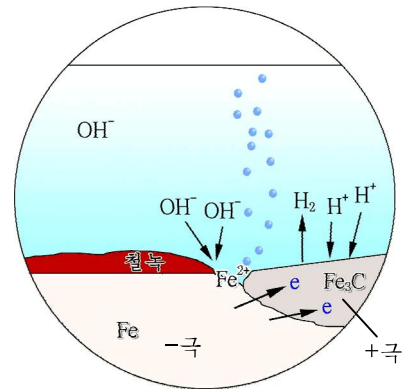
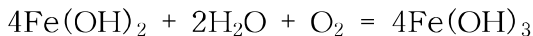
3) 수소기체가 나오는 속도는 ㄱ)실험에서보다 ______. 따라서 전해질용액속에서 부식속도는 금속의 ______에 관계된다.

활성이 서로 다른(산화환원전위가 다른) 두 금속이 전해질용액속에 잠겨있으므로 _____가 이루어진다. 이때 아연은 _____극으로 동은 _____극으로 되여 양극에서는 반응 ______이 음극에서는 반응 ______이 일어난다.

강철의 부식

강철에 들어있는 C는 탄화철 Fe_3C의 형태로 있으면서 철과 골고루 섞여있다. 그러므로 철제품이 습기있는 공기속에 있으면 강철겉면에 전해질용액의 얇은 막이 뒤덮게 되는데 이 막이 강철속의 철(Fe)을 -극으로, 탄화철(Fe_3C)을 +극으로 하는 국부전지를 수많이 형성하여 빨리 부식되게 한다.

-극에서 부식되여 떨어져나온 Fe^{2+}는 겉면의 물층에 있던 OH^-와 결합하여 $Fe(OH)_2$로 되고 이것이 공기속의 산소에 의하여 $Fe(OH)_3$으로 산화된다.

그림 3-21. 강철의 부식과정

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3$$

우리가 보게 되는 철판이나 철구조물에서의 검붉은 밤색의 물질은 녹의 기본성분인 $Fe(OH)_3$이다.

ⓘ 양극(탄화철)에서는 어떤 반응이 일어나는가를 전극반응식으로 써보아라.

금속의 부식방지

금속의 부식은 생산과 건설에 막대한 피해를 준다. 정밀하고 값비싼 기계설비들도 부식으로 하여 못쓰게 되며 무기도 녹쓸면 자기 성능을 다 내지 못하게 된다. 따라서 부식을 막기 위한 대책을 세우는것은 매우 중요하다.

금속이 부식되지 않게 하자면 부식의 원인으로 되는 둘레의 물질들이 금속에 닿지 않도록 하거나 부식되지 않는 안정한 금속을 만들어써야 한다.

흔히 쓰이는 금속의 부식을 방지하는 방법은 다음과 같다.

금속자체가 산화되지 않도록 금속의 내부구조를 변화시킨다.(**례:** 합금)

금속의 겉면에 부식에 견디는 물질을 입히거나 바른다. 금속겉면에 아연, 니켈, 석, 크롬, 금, 은과 같은 금속을 입힌다.(도금, 증착) 또한 염화비닐수지와 같은 합성수지를 입히며 에나멜, 뼁끼, 기름과 같은것을 바른다.

금속의 겉면을 부식되지 않는 안정한 물질로 변화시키기도 한다. 총을 비롯한 무기와 공구들에서 보는 검푸른색은 철의 겉면을 부식에 안정한 Fe_3O_4으로 변화시킨것이다.

또한 알루미니움제품은 그 겉면을 Al_2O_3의 촘촘한 층으로 변화시킨다.

전지의 원리와 전기분해의 원리를 리용하여 부식을 막는다.

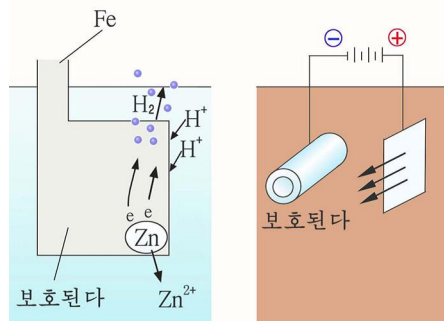
전기화학적방법에 의한 부식방지

1) 부식의 본질로부터 어떤 방법으로 금속의 부식을 막을수 있겠는가?

2) 전지와 전기분해에서 어느 극이 산화되고 어느 극이 산화되지 않는가?

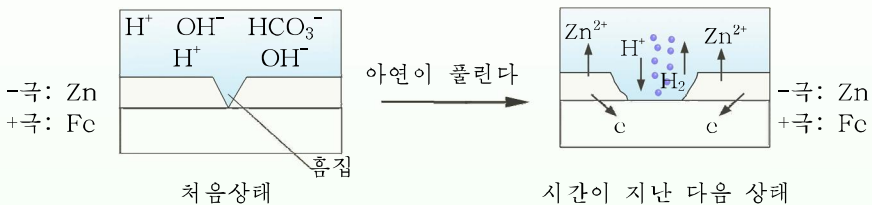
이 원리를 부식방지에 어떻게 리용할수 있는가?

ㄱ)에서 바다물속에 잠긴 배의 선체에 철보다 활성이 더 센 Zn을 맞대여놓으면 어느 금속이 부식되는가?

ㄴ)경우 땅속에 잠긴 수도관이나 레루에 외부에서 -극을 걸어주면 어느 극이 산화되고 보호되는것은 무엇인가?

ㄱ) ㄴ)

1. 아연도금철판과 석도금철판

아연도금철판(함석)은 아연(녹음점 419℃)을 녹여서 거기에 철판을 잠그었다 꺼내여 만든다. 아연도금층이 긁혀서 철이 드러나면 부식된다.

철이 드러나도 아연이 먼저 부식되므로 순철판일 때보다 철이 녹쓸기 어렵고 또한 아연의 얇은 산화물층은 든든히 밀착되여 내부를 보호하므로 부식되기 어렵다. 따라서 건물의 바깥지붕재료로 널리 쓰인다.

아연도금철판의 부식과정

석도금철판은 석(녹음점 232℃)을 우와 같은 방법으로 입힌 철판인데 통졸임통생산에 널리 리용된다. 석도금철판도 긁혀서 철이 드러나면 부식된다.

이때는 활성이 큰 철이 부식되여 풀려나가 구멍이 생기므로 오래 쓸수 없다.

석도금철판의 부식과정

2. 물리증착법과 화학증착법

물리증착(PVD)은 일정한 진공을 보장하는 가열로에서 물질을 가열하는 등 물리적방법으로 증기를 만들고 그 증기를 다른 물질우에 입히는 도금방법이며(**례:** 은지) 화학증착(CVD)은 일정한 진공을 보장한 로에서 도금하려는 재료를 가열한 다음 거기에 기체물질을 보내서 화학반응시켜 도금하는 방법이다.(**례:** 질화철)

문 제

1. 자기 집에서 쓰는 가정용품들가운데서(부엌세간, 전기기구, 전자제품, 가구 등) 금속의 부식을 막기 위하여 어떻게 하였는가를 찾아보아라.
2. 다음 현상들이 일어나는 원인을 설명하여라.
   ㄱ) 알루미니움으로 철판을 련결하면 철판이 쉽게 녹쓸지 않으나 동으로 련결하면 철판이 쉽게 녹쓴다.
   ㄴ) 물에 잠겨있는 철기둥은 물겉면에 접촉된 부분이 물속에 잠긴 부분보다 쉽게 녹쓴다.
3. 전기줄을 늘일 때 동선과 알루미니움선을 이어서 쓰면 인차 접촉이 나빠지거나 끊어질수 있다. 그 까닭은 무엇인가?

장 종 합

1. 화학전지

ㄱ) 전극반응

-극: 산화반응진행 +극: 환원반응진행

ㄴ)화학전지를 만들자면

① 음극이 있어야 한다.[극물질로는 전자를 내줄수 있는 물질(환원제)로서 H_2와 같은 연료도 될수 있다.]

② 양극이 있어야 한다.[극물질로는 전자를 받을수 있는 물질(산화제)로서 금속산화물, 금속수산화물, 염, 비금속이 될수 있다.]

③ 전해질이 있어야 한다.

④ 산화과정과 환원과정의 전자이동을 도선으로 실현시켜야 한다.

2. 전기분해

ㄱ) 전극반응

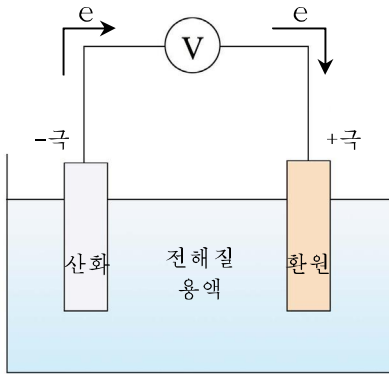
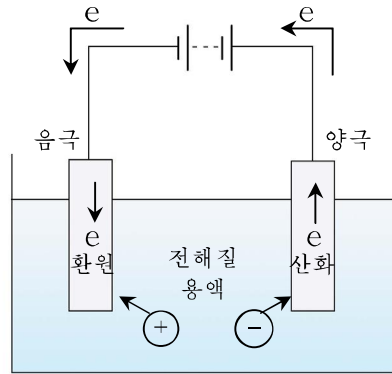
+극: 산화반응이 일어남 -극: 환원반응이 일어남

ㄴ) 파라데이법칙

$$n = \frac{Q}{n_e \cdot F} = \frac{I \cdot t}{n_e \cdot F} = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m}$$

$$m = \frac{I \cdot t \cdot M}{n_e \cdot F}, \qquad V = \frac{I \cdot t \cdot V_m}{n_e \cdot F}$$

I: 전류세기(A)
t: 전류가 흘러간 시간(s)
n_e: 물질 1㏖이 생길 때 전극반응에 참가한 전자의 물질량
m: 물질의 질량(g)
V: 물질의 체적(L)

3. 화학전지와 전기분해

화학전지

전기분해

복습문제

1. 전극전위는 _____와 _____에 따라 달라지므로 온도가 _____이고 금속이온의 _____가 _____인 때의 전극전위를 _____라고 부른다.

2. 다니엘전지에서 _____는 도선을 따라 _____전극에서 _____전극에로 _____이온은 용액속에서 _____전극에서 _____전극에로 넘어온다.

3. MnO_2건전지에서 ______과 ______을 도선으로 이어놓으면 -극에서는 산화반응이 일어나 _____이 ______를 전극에 남기고 Zn^{2+}로 산화되여 용액으로 용해되며 NH_4Cl전해질과 반응 ________을 한다. 이때 생긴 H^+은 +극에서 _____과 반응하여 _______을 만들면서 전자를 ______는 _____반응이 일어난다.

4. 연축전지의 방전과 충전과정에 일어나는 음극반응은 ______이며 양극반응은 ______이다. 방전에 의하여 두 전극은 ______으로 변화되며 충전에 의하여 음극은 ______으로부터 ______로 양극은 ______으로부터 ______로 된다.
이때 전자 1㏖이 이동한다면 방전과정에 참가한 류산은 _______이며 생긴 물질에 의해 류산의 농도는 _______다.

5. 전해도금의 결과 양극의 ______은 부단히 줄어드는 반면에 음극의 ______은 부단히 늘어난다. 동도금할 때 ________되는 동의 량과 _____나는 동의 량은 _______므로 용액에서 _______의 함량은 _______않고 일정하게 유지된다.

6. 철겉면에 아연도금을 하려고 할 때 아래의 조건들가운데서 정확한것을 골라보아라.
 ㄱ) 아연을 양극, 도금할 막대기를 음극, 용액에 아연이온을 포함해야 한다.
 ㄴ) 백금을 음극, 도금할 막대기를 양극, 용액에 아연이온을 포함해야 한다.
 ㄷ) 철을 양극, 도금할 막대기를 음극, 용액에 철이온을 포함해야 한다.
 ㄹ) 아연을 음극, 도금할 막대기를 양극, 용액에 아연이온을 포함해야 한다.

7. 아연만들기공정에 대한 아래의 설명들에서 틀린것을 찾아라.
 ㄱ) 아연은 배소공정→우리기공정→전해정련과정을 거쳐 만들어진다.
 ㄴ) 아연은 전로공정→우리기공정→전해제련과정을 거쳐 만들어진다.
 ㄷ) 아연은 배소공정→우리기공정→전해제련과정을 거쳐 만들어진다.
 ㄹ) 아연은 우리기공정→배소공정→전해정련과정을 거쳐 만들어진다.

8. 수용액의 전기분해와 관련한 다음의 설명에서 틀린것을 찾아라.
 ㄱ) 물을 전기분해할 때 산화환원되기 힘든 전해질을 넣는것은 전기를 더 잘 통과시키기 위해서이다.
 ㄴ) 0.1㏖/L 초산수용액은 같은 농도의 염산보다 전기를 통과시키기 힘들다.
 ㄷ) 소금수용액을 전기분해하면 양극(흑연)에서 염소기체가 발생한다.
 ㄹ) 질산은수용액을 전기분해하면 음극(백금)에서 은이 석출된다.
 ㅁ) 요드화칼리움수용액을 전기분해하면 음극(흑연)주변의 용액이 밤색으로 된다.

9. 아래의 실험현상에 대한 설명에서 정확치 않은것을 찾아라.
 ㄱ) 동쪼각과 철쪼각을 함께 붙여서 묽은 류산속에 잠그면 동쪼각의 겉면에 기포가 생긴다.
 ㄴ) 아연판을 양극으로 하고 철판을 음극으로 하여 염화아연용액을 전기분해하면 철판겉면에는 얇은 아연막이 생긴다.
 ㄷ) 동판을 염화철(Ⅲ)용액에 잠그어놓으면 동판겉면에는 얇은 철막이 생긴다.
 ㄹ) 아연쪼각을 염산이 담겨져있는 시험관속에 넣고 몇방울의 염화동용액을 첨가하면 기체가 방출하는 속도가 빨라진다.

10. 물에 아연판을 잠근 전극과 1㏖/L $ZnSO_4$에 아연판을 잠근 전극, 1㏖/L $ZnSO_4$에 아연판을 잠근 전극과 0.001㏖/L $ZnSO_4$에 아연판을 잠근 전극을 이어놓으면 전지가 만들어진다.
 이에 대한 설명들에서 틀린것을 찾아라.
 ㄱ) 물에 잠근 아연판이 양극으로 된다.
 ㄴ) 물에 잠근 아연판이 음극으로 된다.
 ㄷ) 0.001㏖/L $ZnSO_4$에 잠근 아연판이 양극으로 된다.

기본영양물질
포도당과 과당
사탕과 길금당
농마
섬유소
에스테르, 기름
아미노산
단백질

제4장. 기본영양물질

사람들은 해빛과 공기, 물외에 반드시 음식물을 통하여 영양물질을 섭취한다.

음식물의 주요성분은 당류(탄수화물), 기름, 단백질, 비타민, 무기염(Zn, Se, Ca, Fe) 등이다.

이것들을 보통 **영양소**라고 부르며 이가운데서 생명체를 구성하며 에네르기원천으로 되는 당류, 기름, 단백질을 **3대영양소**라고 부른다.

이 장에서는 생명활동에서 없어서는 안될 중요한 영양물질인 당류와 기름, 단백질의 구조와 성질에 대하여 학습하게 된다.

제1절. 포도당과 과당

록색식물은 빛합성에 의하여 포도당을 만들고 성장과정에 포도당은 농마 혹은 섬유소로 넘어간다.(그림 4-1)

식물체의 빛합성에 의하여 만들어지는 포도당이나 사탕, 농마, 섬유소를 **당류**라고 부른다. 그것은 이 물질들이 모두 가장 작은 당인 포도당, 과당으로 결합되여있기때문이다.

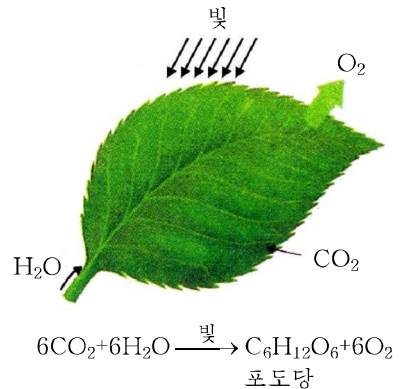



그림 4-1. 식물의 빛합성

탄 수 화 물

당류는 본래 **탄수화물**이라고 불러왔다.

그것은 이 물질의 일반식을 $C_m(H_2O)_n$과 같이 바꾸어놓을수 있으므로 탄소의 수화물이라고 보고 지은것이다. 그런데 탄소에 직접 물이 결합되여있지 않으며 당류의 화학적본성에는 맞지 않는 이름이지만 굳어진 이름이므로 아직까지 그렇게 부르고있다.

포도당(글루코즈 $C_6H_{12}O_6$)

포도당은 포도와 그외 단맛을 내는 파일과 꽃의 꿀선에 들어있다.

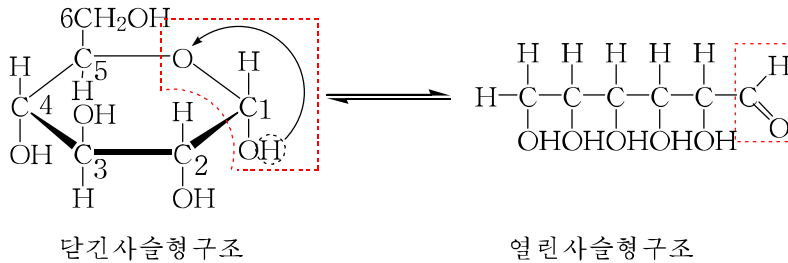
정상사람의 피속에는 약 0.1%의 포도당이 들어있다. 이것을 **혈당**이라고 부른다.

그림 4-2. 포도당결정

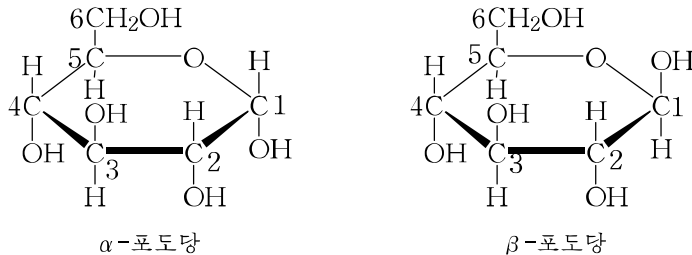
ⓘ 포도당의 몰질량은 얼마인가?

포도당은 보통조건에서 흰 결정상태의 물질이며 단맛이 있고 물에 잘 용해된다. 녹음점은 146℃이다.

결정상태에서 포도당은 고리구조(닫긴사슬형)를 가진다. 물에 용해시키면 일부 분자들은 고리가 열리면서 열린사슬형구조로 된다.

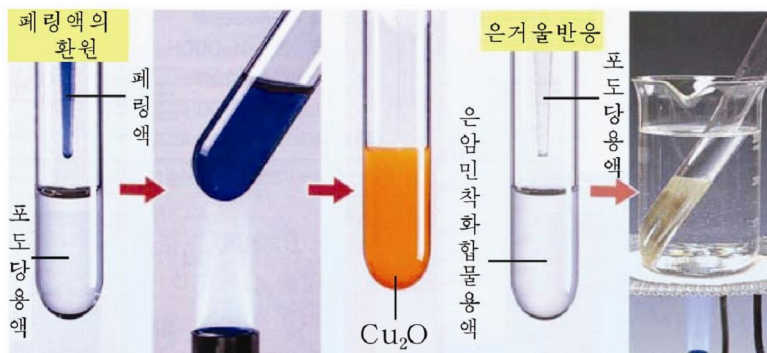
닫긴사슬형구조 ⇌ 열린사슬형구조

※ 포도당분자에서 1번탄소에 결합되여있는 히드록실기는 고리사슬이 열릴 때 없어지고 그대신 알데히드기가 생겨난다. 이 히드록실기는 다른 히드록실기에 비하여 반응성이 특별히 세다.

포도당에는 1번탄소원자에 결합된 히드록실기의 자리가 서로 다른 2가지 이성체가 있다.

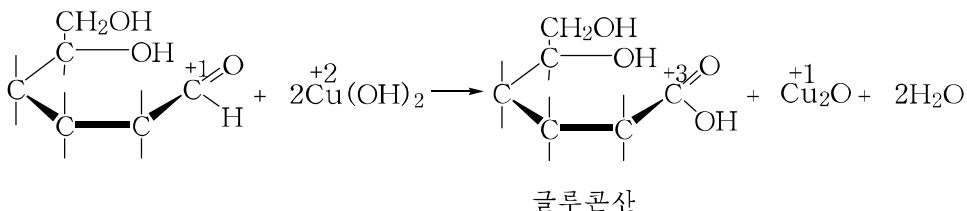
α-포도당 β-포도당

ⓘ 1번과 2번탄소에 결합된 히드록실기의 방향에 기초하여 α형과 β형의 차이를 말해보아라.

수용액상태에서 포도당분자에는 어떤 기능원자단들이 있는가? 구조로 보아 어떤 반응을 할수 있겠는가?

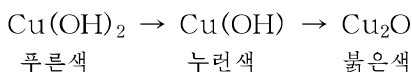
포도당의 환원제적성질

시험관에 페링액※ 혹은 5% 류산동용액과 10% 수산화나트리움용액을 3mL씩 넣고 10% 포도당용액 5mL를 넣은 다음 가열하고 나타나는 현상을 관찰한다. 은암민착화합물용액에 포도당용액을 넣고 수욕에서 가열한다. 시험관안벽이 어떻게 되는가?

포도당분자안에 있는 알데히드기에 의하여 $Cu(OH)_2$은 Cu_2O로 환원되고 포도당은 산으로 된다.

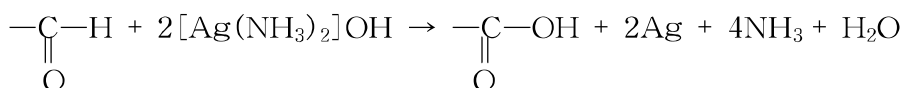
$$\text{(포도당, 고리 구조)}-\overset{+1}{C}HO + 2\overset{+2}{Cu}(OH)_2 \longrightarrow \text{(고리 구조)}-\overset{+3}{C}OOH + \overset{+1}{Cu_2}O + 2H_2O$$

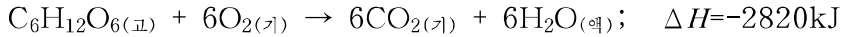
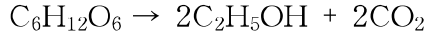
글루콘산

※ 갓 만든 수산화동(Ⅱ)에 알데히드기를 가진 화합물을 작용시키면 수산화동(Ⅱ)이 쉽게 환원된다. 이때 색변화가 뚜렷하기때문에 이 반응은 알데히드를 검출하는데 흔히 리용된다.

$$Cu(OH)_2 \rightarrow Cu(OH) \rightarrow Cu_2O$$

푸른색 누런색 붉은색

수산화동(Ⅱ)의 침전물에 포도주산염용액을 넣으면 진한 푸른색의 용액으로 된다. 이 용액을 **페링액**이라고 부른다. 페링액도 $Cu(OH)_2$과 같이 알데히드에 의하여 쉽게 환원되면서 색이 변하므로 알데히드기검출에 $Cu(OH)_2$대신에 널리 리용된다. 수산화동이나 페링액에서 알데히드에 대한 검출시약으로서의 작용을 하는것은 Cu^{2+}이다.

포도당용액에 은암민착화합물용액을 작용시키면 포도당은 산으로 되고 은이 생긴다.

$$-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow -\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH + 2Ag + 4NH_3 + H_2O$$

포도당은 몸안에서 산화되여 사람의 생명활동을 유지하는 에네르기를 낸다.

$$C_6H_{12}O_{6(고)} + 6O_{2(기)} \rightarrow 6CO_{2(기)} + 6H_2O_{(액)}; \quad \Delta H=-2820kJ$$

포도당은 효소인 지마제에 의하여 에틸알콜로 발효된다.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Ⓠ 이 원리를 어디에 리용할수 있는가?

포도당은 분자안에 있는 히드록실기에 의하여 알콜처럼 에스테르화반응도 한다.

포도당은 분자안에 히드록실기와 알데히드기가 있으므로 알콜의 성질과 알데히드의 성질을 다 나타낸다.

포도당은 소화과정을 거치지 않고 직접 인체에 흡수될수 있으므로 5~10% 포도당용액을 만들어 몸이 약하고 혈당이 낮은 사람에게 정맥주사한다.

포도당은 당과류나 거울을 만드는데, 비타민 C의 원료로 리용된다.

포도당은 공업적으로 산이 있는데서 농마를 가수분해시켜 만든다.

사람몸안의 혈당

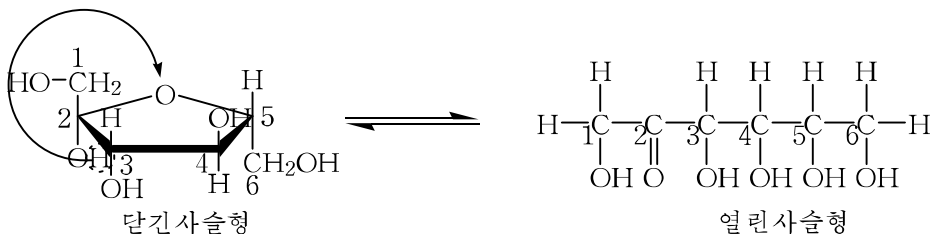
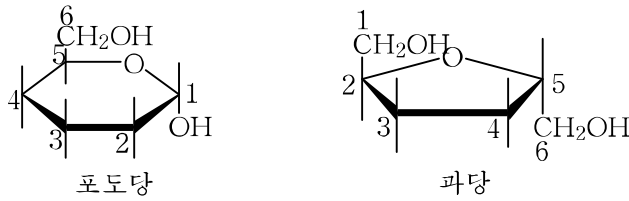
사람의 몸에서 정상적인 혈당은 3.5×10^{-3}~6.1×10^{-3}㏖/L이다. 이 값보다 높거나 낮으면 비정상적인 생리현상을 나타낸다. 혈당값이 높으면 당뇨병에 걸린다.

당뇨병은 많이 먹고 많이 마시며 오줌량이 증가하는 증상을 보이며 체중이 감소된다. 혈당값이 낮으면 맥이 없고 피로가 인차 온다. 이때에는 포도당을 보충해주어야 한다.

과당(프룩토즈 $C_6H_{12}O_6$)

과당은 과일과 꿀속에 들어있는 단맛을 가진 흰색의 결정이다. 녹음점은 102℃이다. 과당의 분자식은 포도당과 같이 $C_6H_{12}O_6$으로 표시되지만 그의 구조는 다르다.

과당을 물에 용해시키면 고리가 열리면서 케톤기가 생긴다.

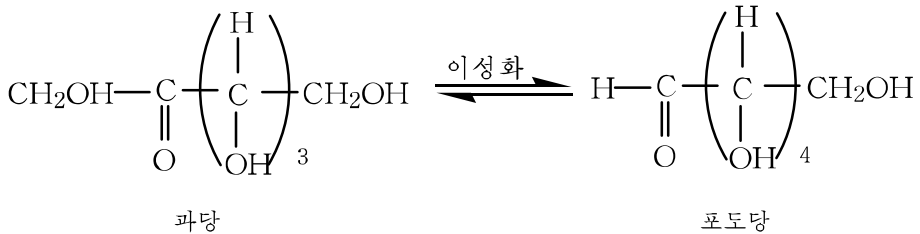
단긴사슬형 열린사슬형

※ 포도당과 파당은 간단히 다음과 같이 표시한다.

? 케톤의 성질이 알데히드의 성질과 다른 점은 무엇인가?

파당은 분자안에 히드록실기와 케톤기를 가지고있으므로 알콜의 성질과 케톤의 성질을 함께 나타낸다.

그런데 파당은 알카리성매질에서 은거울반응을 하며 수산화동(Ⅱ)을 환원시킨다.

파당이 어떻게 환원제적성질을 나타내겠는가?

알카리성매질에서 파당은 쉽게 포도당으로 이성화된다.

$$\underset{\text{파당}}{CH_2OH-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\left(\begin{array}{c}H\\|\\C\\|\\OH\end{array}\right)_3-CH_2OH} \xrightleftharpoons{\text{이성화}} \underset{\text{포도당}}{H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\left(\begin{array}{c}H\\|\\C\\|\\OH\end{array}\right)_4-CH_2OH}$$

이렇게 생긴 포도당에 의하여 환원제적성질이 나타난다. 포도당으로부터 파당에로의 이성화는 실현할수 없겠는가?

포도당에 이성화효소를 작용시키면 포도당의 일부가 파당으로 변하면서 포도당과 파당의 혼합물이 얻어진다. 이 혼합물은 꿀의 단맛과 비슷하며 **옥당**이라고 부른다.

? 파당은 효소가 있는데서 에틸알콜로 발효된다. 방정식을 써보아라.

문 제

1. 포도당에 대한 아래의 표현에서 틀린것은 어느것인가?

ㄱ) 포도당의 분자식은 $C_6H_{12}O_6$이다.

ㄴ) 에스테르화반응을 할수 있다. 은거울반응을 할수 있다.

ㄷ) 수소가 부가되여 6가알콜을 만들수 있다.

ㄹ) 가수분해되여 알콜이 생긴다.

ㅁ) 포도당과 파당은 이성관계에 있다.

ㅂ) 산화되여 CO_2과 H_2O로 될수 있다.

2. 밑줄을 그은 부분에 알맞는것을 써라.

1㏖의 포도당이 은거울반응을 할 때 필요되는 은암민착화합물은 __㏖이며 반응 후 포도당은 _____로 변한다. 그 구조식은 _____이다. 만약 포도당과 초산이 완전히 반응한다면 리론적으로 초산은 ______㏖이 필요된다. 또한 포도당을 전부 CO_2과 H_2O로 되게 한다면 이때 요구되는 산소의 체적은 표준조건에서 _____L 차지한다. 이 산화반응은 _____열반응이다. 포도당은 발효되여 알콜을 만든다. 이때 생기는 기체는 표준조건에서 체적으로 ____L이다.

3. 밑줄을 그은 부분에 알맞는것을 써라.

포도당은 일정한 조건하에서 수소와 _____반응을 일으킬수 있다. 이때 _______이 생긴다. 반응의 화학방정식은 ______이다. 포도당분자에는 _______기가 있다. 그러므로 카르본산과 _______반응을 할수 있다.

4. 당뇨병환자의 오줌에는 비교적 많은 량의 포도당이 들어있다. 화학적인 방법으로 환자의 병이 당뇨병인가를 알아내여라.

5. 어떤 물질의 분자량은 180이다. 그중에 탄소가 40%이고 수소가 6.7%이며 나머지는 산소이다. 이 물질의 분자식을 나타내여라.

6. 보온병유리에 은을 입힐 때 포도당을 환원제로 쓴다. 한개의 보온병유리에 은을 0.3g 입힌다고 할 때 매일 5 000개씩 생산하는 공장에서 하루에 98% 포도당이 몇㎏이나 필요한가? (**답.** 약 1.28㎏)

7. 과당의 화학성질이 케톤과 다른 점은 무엇인가?

제2절. 사탕과 길금당

사탕 (사카로즈, $C_{12}H_{22}O_{11}$)

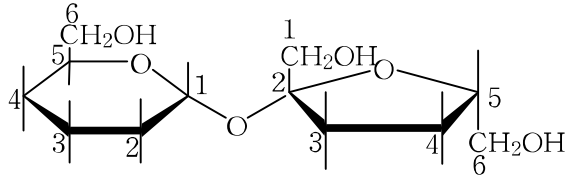
사탕은 사탕수수(함량 11~17%)와 사탕무우(함량 14~26%)를 비롯하여 많은 식물들의 잎과 줄기, 열매에 들어있다.

사탕은 182℃에서 녹으며 물에 용해되는 색이 없는 결정이다.

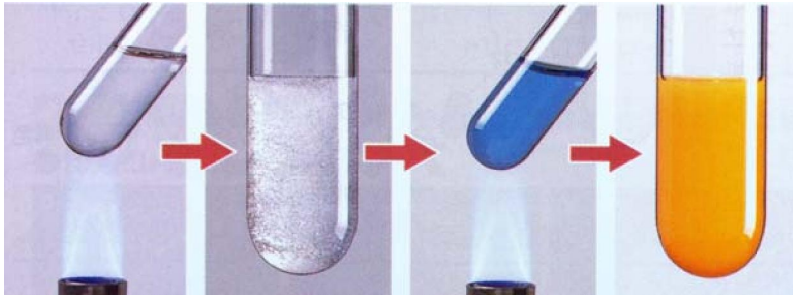
사탕의 당도를 포도당 및 과당과 비교해보아라.(표 4-1)

당의 당도비교 표 4-1

사탕	100
과당	175
포도당	74
길금당	32

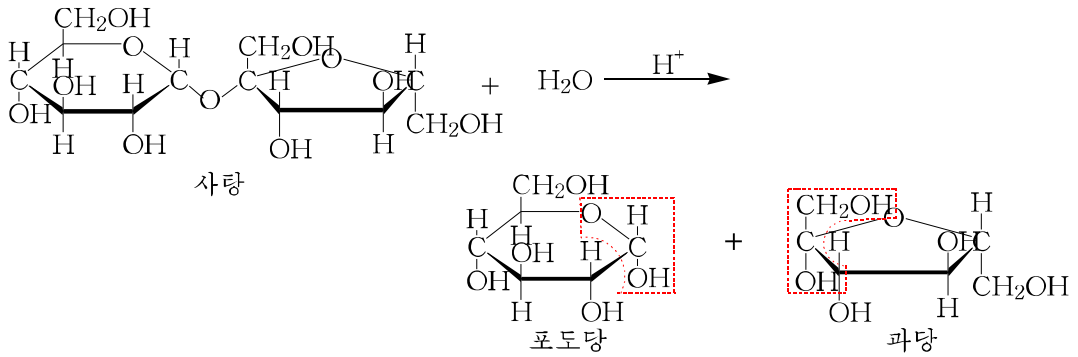
사탕은 포도당분자와 과당분자사이에서 물 한분자가 떨어지면서 이루어진 화합물이다.

사탕은 어떤 화학성질을 가지겠는가?
실험으로 사탕의 성질과 그의 구조를 알아보자.

사탕의 성질

깨끗이 씻은 2개의 시험관에 20%의 사탕용액을 1mL씩 각각 넣는다. 그중 한 시험관에는 3방울의 묽은 류산을 넣고 2개의 시험관을 5min동안 가열한다. 그다음 묽은 류산을 넣은 시험관에 CO_2거품이 나오지 않을 때까지 Na_2CO_3가루를 넣어 산을 중화시킨다. 우의 2개의 시험관에 각각 페링액 혹은 갓 만든 $Cu(OH)_2$용액을 넣은 다음 가열한다. 나타나는 현상을 관찰한다.

류산을 넣은 시험관에서의 변화

ⓘ 사탕분자안에 알데히드기가 있는가?

ⓘ 사탕용액에 산을 넣고 가열한 다음 생긴 물질의 분자에는 알데히드기가 있는가? 무엇을 보고 그렇게 말할수 있는가?

사탕은 은거울반응을 하지 않으며 갓 만든 $Cu(OH)_2$을 환원시키지 않는다. 이것은 사탕분자안에 알데히드기가 없다는것을 말해준다.
류산촉매가 있는데서 사탕은 가수분해되여 포도당과 과당을 만든다.

이로 하여 사탕이 가수분해된 후에는 은거울반응을 하며 갓 만든 $Cu(OH)_2$을 환원시킨다. 사탕의 가수분해를 **전화**라고 부르며 전화에 의하여 얻어진 혼합물을 **전화당**이라고 부른다. 전화당은 그 조성과 맛이 꿀과 비슷하므로 이 용액을 **인조꿀**이라고 부른다.

※ 천연꿀은 천연전화당을 기본조성으로 한다.

※ 사탕의 전화는 식료가공과정에 흔히 일어나는 현상이다.
전화당은 물에 잘 풀리고 물기를 잘 빨아들이며 사탕이 결정화되지 못하게 하는 성질이 있다. 그러므로 사탕가루를 생산하는데서는 사탕이 전화되지 못하도록 하여야 하지만 사탕이나 과일가공을 비롯한 식료가공공정에서는 사탕의 전화를 리용한다.

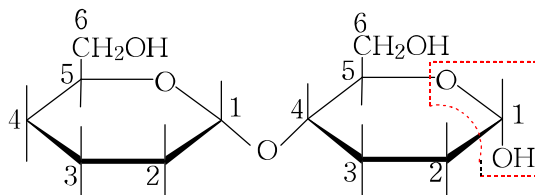
사탕가루와 식초를 가지고 알사탕을 만들어보아라.

길금당 (말토즈, 맥아당 $C_{12}H_{22}O_{11}$)

길금당은 여러가지 낟알의 길금에 들어있으므로 그렇게 부르게 되였다.

길금당을 맥아당이라고 부르는 리유

여러가지 낟알이 싹틀 때 그안에는 아밀라제라고 하는 효소가 생긴다. 이 효소에 의하여 농마가 가수분해되며 그 가수분해산물을 영양물로 섭취하여 싹이 자란다. 그런데 보리싹에 아밀라제라는 효소가 제일 많으므로 주로 보리길금을 농마의 가수분해에 리용한다. 이때 두당류가 생기는데 보리길금에 의하여 얻어진 당이라고 하여 **맥아당**이라고 부르게 되였다.

길금당은 물엿의 주요성분으로서 녹음점이 103℃인 단맛이 있는 무색의 결정이다.
길금당은 두 분자의 포도당으로부터 물 한분자가 떨어지면서 이루어진 화합물이다.

Ⓟ 길금당은 어떤 화학성질을 가지겠는가? 구조로부터 짐작해보아라.

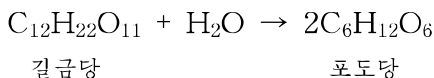
탐구

길금당은 환원제적성질을 가지는가?

전제: 길금당에는 포도당에서와 같이 고리를 열수 있는 히드록실기가 있다.
실험: 길금당용액에 갓 만든 __________용액을 넣은 다음 열을 준다.
_______의 푸른색은 _________으로 변한다.
이 반응의 화학방정식은 _____________________________이다.
결론: 길금당은 수용액상태에서 길금당분자안에 존재하는 __________에 의하여
_________적성질을 나타낸다.

길금당은 산 또는 효소가 있는데서 가수분해되며 이때 포도당이 얻어진다.

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6$$

길금당　　　　　　　포도당

길금당은 농마를 불완전가수분해할 때 얻어진다.
길금당은 빵, 과자를 비롯한 음식물의 단맛을 내는데 리용된다.

※ 사탕, 길금당과 같이 물과 작용하여 두 분자의 하나당을 만드는 물질을 **두당류**라고 부르며 포도당이나 과당처럼 더 작은 당으로 갈라지지 않는 당을 **하나당류**라고 부른다.

Ⓟ 표 4-1을 보고 어느 당의 단맛이 제일 센가를 알아내여라.

문 제

1. 길금당과 사탕을 서로 비교한 아래의 설명들가운데서 틀린것은 (　　)이다.
ㄱ) 이것들의 분자식은 서로 다르다. 사탕의 분자식은 $C_{12}H_{22}O_{11}$
ㄴ) 이것들의 분자구조는 서로 다르다. 사탕분자에는 알데히드기가 없다.
ㄷ) 이것들은 이성체가 아니다. 동족체이다.

ㄹ) 사탕은 가수분해할수 있으나 길금당은 가수분해할수 없다.

2. 포도당이 하나당류라는 주요원인은 무엇인가? 아래의것에서 골라보아라.

ㄱ) 당류들가운데서 구조가 가장 간단하다.

ㄴ) 당류들가운데서 들어있는 탄소원자개수가 가장 작다.

ㄷ) 분자내에 1개의 알데히드기가 있다.

ㄹ) 가수분해되여 더는 간단한 당으로 될수 없다.

3. 어떤 유기물질의 결정을 분석하고 다음과 같은것을 알아냈다.

ㄱ) 이 물질은 탄소, 수소, 산소의 3가지 원소로 이루어졌다.

ㄴ) 이 물질의 분자량은 342이다.

ㄷ) 분자에서 원자개수비는 H:O=2:1, H는 C에 비해 10개 더 많다.

ㄹ) 이 물질은 물에 쉽게 용해되며 그 수용액에 묽은 류산용액을 넣고 가열하고 얻어진 생성물에 새로 만든 $Cu(OH)_2$용액을 넣어 반응시키면 붉은색침전물이 생긴다. 이 화합물의 분자식과 이름을 추리판단하여라.

4. 세개의 시험관에 제가끔 사탕용액과 길금당용액, 물이 들어있다. 어느 시험관에 무엇이 들어있는지 알려면 어떻게 해야 하겠는가?

5. 물을 조금 포함하는 사탕 0.9g을 묽은 류산과 반응시켜 완전히 가수분해한 뒤에 중화시키고 많은 량의 새로 만든 $Cu(OH)_2$용액을 넣어 열준 결과 붉은색침전물이 0.715g 만들어졌다.

ㄱ) 붉은색침전물의 이름과 화학식을 써라.

ㄴ) 사탕이 가수분해되여 생기는 하나당류의 이름을 써라.

ㄷ) 우의 갓 만든 $Cu(OH)_2$용액과의 반응에서 하나당류 각각 1㏖로부터 붉은색침전물이 1㏖씩 얻어진다고 가정하면 사탕에 물이 몇% 포함되여있는셈인가?

(**답.** 5%)

ㄹ) 이 사탕을 완전히 말린 다음 3.42g을 물에 용해시켜 10% 용액으로 만들고 적당한 효모를 넣어 발효시켰다. 이때 알콜만이 생긴다고 보고 사탕의 변화방정식을 써라. 이때 얻어지는 기체는 0℃, 0.1MPa에서 몇mL이겠는가?

(**답.** 896mL)

6. 사탕용액이 들어있는 시험관에 묽은 류산을 넣고 가열한 다음 새로 만든 $Cu(OH)_2$용액을 넣었다. 이 용액을 가열해도 붉은색침전물이 생기지 않았다. 이 실험이 성공하지 못한 원인은 무엇이며 옳은 조작방법을 써라.

7. 길금당을 95.6% 포함한 당 200g으로 몇g의 알콜을 만들수 있겠는가? 그만한 알콜로 몇g의 초산을 만들수 있겠는가? 이 초산을 400g의 물에 용해시킨 후 그 초산용액의 밀도가 1.031g/㎤라는것을 측정하였다면 그 초산용액의 %농도와 몰농도는 얼마인가? (**답.** 103.04g, 134.2g, 25.1%, 4.32㏖/L)

제3절. 농 마

강냉이를 가공하여 전분, 당분, 기름과 같은 여러가지 영양물질들을 골고루 뽑아내는것은 식료품의 가지수를 늘이고 근로자들의 식생활을 높이는데서 매우 중요한 의의를 가진다.

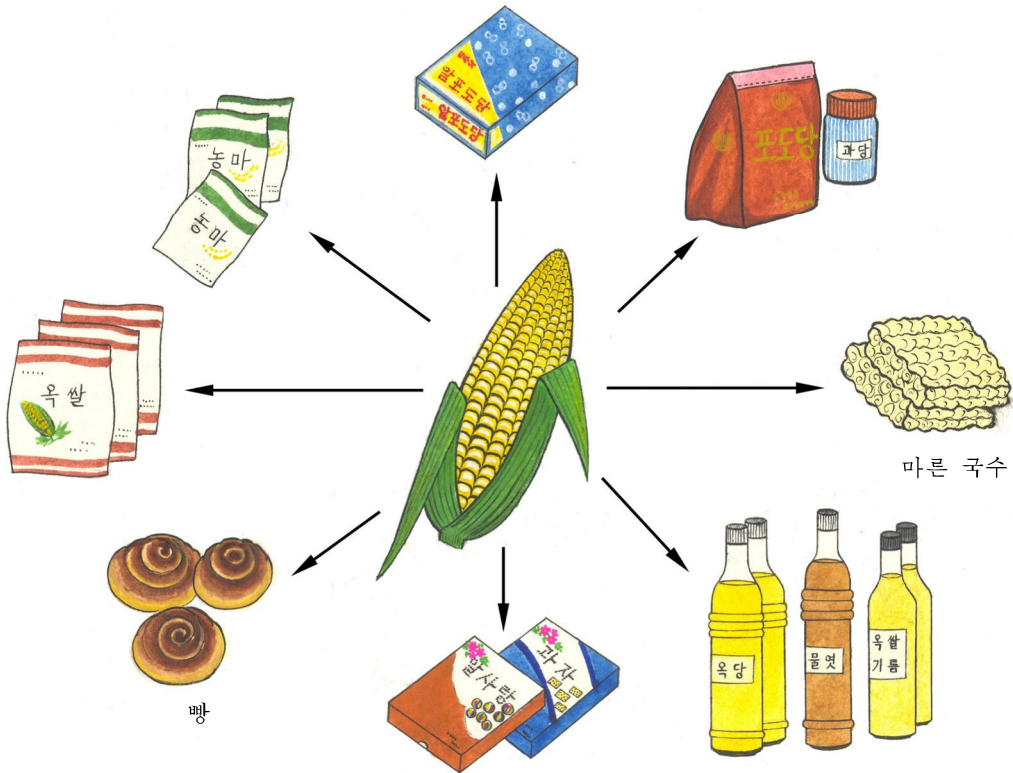



그림 4-3. 강냉이로부터 얻어지는 식료품들

경애하는 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 각곳에 일떠선 곡산공장들에서는 강냉이를 가공하여 국수, 옥당, 엿, 포도당, 기름과 같은 식료품들을 생산하고있다.

농마의 존재와 구조

강냉이에는 어떤 성분이 들어있는가?

쌀, 강냉이, 감자를 비롯한 알곡의 기본성분은 당류 특히 농마이다.(그림 4-4)

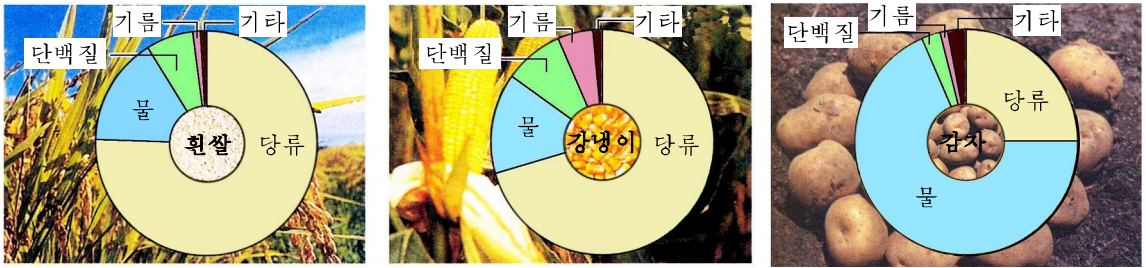
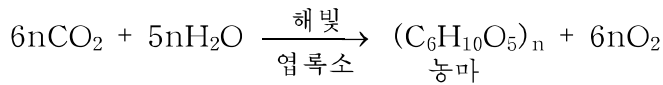



그림 4-4. 흰쌀과 강냉이, 감자의 영양성분

농마는 식물체에서 엽록소의 촉매작용에 의하여 CO_2과 H_2O로부터 빛합성되는 천연고분자화합물이다.

$$6nCO_2 + 5nH_2O \xrightarrow[\text{엽록소}]{\text{해빛}} \underset{\text{농마}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + 6nO_2$$

※ 분자량이 1만이 넘는 큰 분자를 고분자 혹은 **고분자화합물**이라고 부른다.
고분자화합물은 어떻게 만들어졌는가에 따라 천연고분자화합물과 합성고분자화합물로 갈라본다.

ⓘ 빛합성이란 어떤 반응인가?

이렇게 합성된 농마는 식물의 열매나 덩이줄기, 덩이뿌리에 알갱이모양으로 저장된다.(그림 4-5)

농마알갱이는 수많은 농마분자들이 엉겨 모인것이다.

농마분자는 수많은 α-포도당들이 축합된 고분자이다.

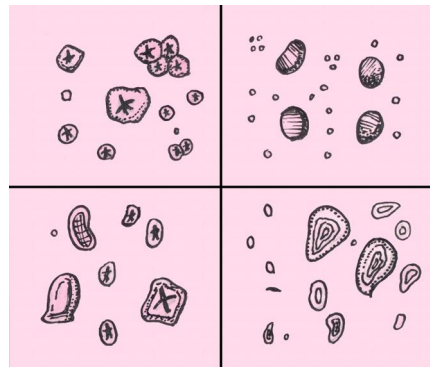
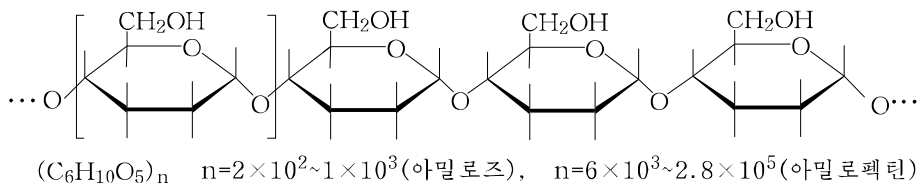



그림 4-5. 농마알갱이

농마는 흰쌀에 약 72~82%, 강냉이에 61~75%, 밀에 63%, 감자에 12~24% 들어있다

$(C_6H_{10}O_5)_n$ $n=2\times10^2$~1×10^3(아밀로즈), $n=6\times10^3$~2.8×10^5(아밀로펙틴)

※ **축합** – 두개이상의 기능원자단들사이에서 간단한 물질이 떨어지면서 서로 결합하는 반응을 말한다.

농마분자에는 α-포도당이 실사슬로 결합되여 이루어진것과 가지를 치면서 결합되여 이루어진것이 있다. 실사슬로 이루어진것을 **아밀로즈**, 가지로 이루어진것을 **아밀로펙틴**이라고 부른다.(그림 4-6)

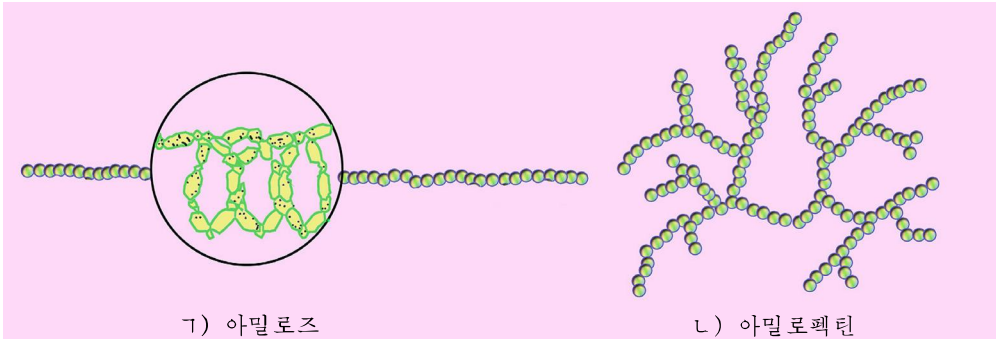



그림 4-6. 농마구조의 모형

아밀로즈의 실사슬은 용수철모양으로 말려있다.

※ 밀: 아밀로펙틴 76%, 아밀로즈 24%, 찹쌀: 아밀로펙틴 100%

농마의 성질

농마알갱이는 냄새와 맛이 없고 찬물에는 용해되지 않는 흰 가루이다. 뜨거운 물에서는 부풀면서 끈기있는 농마풀로 된다. 이 끈기는 주로 아밀로펙틴에 의한것이다.

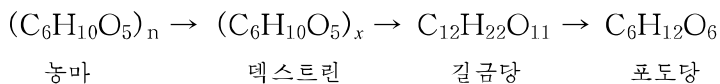
ⓘ 찹쌀을 가지고 만든 떡은 끈기가 매우 세다. 왜 그런가?

농마는 보통 환원제적성질이 없다. 왜 그런가?

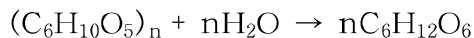
포도당 2개로 결합된 두당류는 가수분해된다. 그렇다면 수많은 포도당들로 결합된 농마도 가수분해되지 않겠는가?

농마는 산 또는 효소가 있는데서 덱스트린, 길금당을 거쳐 포도당으로까지 차례로 가수분해된다.

$$(C_6H_{10}O_5)_n \rightarrow (C_6H_{10}O_5)_x \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow C_6H_{12}O_6$$

농마 덱스트린 길금당 포도당

(여기서 n>x, 구워낸 빵의 겉면과 풀을 먹인 면천에서 윤기를 내는 물질이 덱스트린이다.)

이 반응을 간단히 나타내면

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$$

농마자체는 단맛이 없는데 밥을 오래 씹으면 왜 단맛이 나는가?

농마의 가수분해는 사람의 몸안에서도 일어난다.

밥을 오래 씹으면 침에 있는 효소에 의하여 밥의 주성분인 농마가 길금당 또는 포도당으로까지 가수분해되므로 단맛을 느낀다.

농마에 요드용액을 작용시키면 검푸른색이 나타난다.(요드-농마반응)

요드와 반응할 때 아밀로즈에서는 진한 푸른색이 나타나고 아밀로펙틴에서는 붉은보라색이 나타난다.(그림 4-7) 요드-농마반응에서는 이 두 색이 어울려 검푸른색으로 나타난다. 이때 요드분자는 농마분자사슬에 끼여든다.

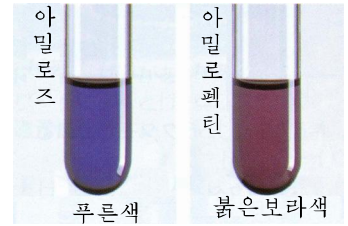
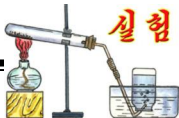



그림 4-7. 요드-농마반응

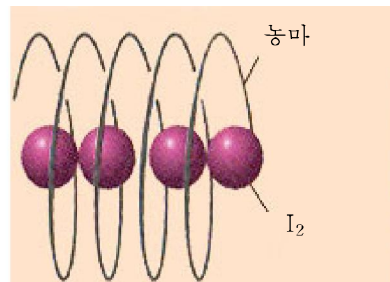
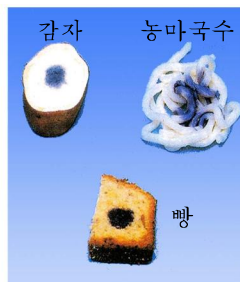
글리코겐

농마에는 **글리코겐**이라는 동물성농마도 있다. 글리코겐은 α-포도당들이 결합된 가지사슬(아밀로펙틴보다 가지가 더 많다.)구조를 이루고있으며 농마와 성질이 비슷하다.

사람과 동물의 간장, 근육에 많이 들어있다. 간장의 글리코겐은 포도당으로 분해되여 피속에 들어가며 근육의 글리코겐은 근육수축의 에네르기원천으로 된다.

? 이 반응을 어디에 리용할수 있는가?

요드-농마반응

푸른 사과쪼각, 감자, 빵, 농마국수에 스포이드로 묽은 요드용액을 1~2방울 떨군다. 어떤 색이 나타나는가를 본다.

요드용액: KI용액에 I_2을 용해시킨것

농마의 리용

농마는 음식물의 중요한 성분이며 에네르기원천의 하나이다. 공업에서는 포도당과 알콜의 제조에 쓰인다. 공장에서는 강냉이농마를 가수분해하여 엿과 포도당을 만들고 포도당으로부터 옥당을 만든다. 엿은 덱스트린, 길금당, 포도당의 혼합물로서 영양가가 높은 식료품이다.

문 제

1. 간단히 대답하여라.

ㄱ) 농마가 가수분해된다는것을 어떻게 알아보겠는가?

ㄴ) 어떤 방법으로 농마가 완전히 가수분해되였다는것을 알수 있는가?

ㄷ) 익지 않은 과일살은 요드와 만나면 청색을 띤다. 익은 과일즙은 은암민착화합물용액을 환원시킬수 있다. 이 두가지 현상을 어떻게 설명할수 있는가?

2. 어느 공장에서 54%의 농마를 포함하는 마른 감자 2t으로 알콜을 만들려고 한다. 발효과정에 85%의 농마가 알콜로 전환된다고 보면 50%의 물을 포함하는 알콜은 얼마나 얻어지는가? (**답.** 1.04t)

3. 3.24g의 농마와 3.42g의 사탕을 혼합하여 일정한 조건에서 완전히 가수분해시켰다. 만일 ag의 포도당과 bg의 과당이 얻어졌다면 a와 b의 비는 얼마인가?

(**답.** 3:1)

제4절. 섬유소

경애하는 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《…섬유문제를 해결하기 위하여서는 화학섬유를 많이 생산하는데 중점을 두어야 합니다. 나무로도 섬유를 생산하고 카바이드와 갈, 강냉이대로도 섬유를 생산해야 합니다.》

경애하는 수령님과 위대한 장군님께서는 우리 인민들에게 더 많은 옷감이 차례지도록 하기 위하여 현대적인 화학섬유공장들을 일떠세워주시고 이름없던 섬에 갈밭을 꾸려 《비단섬》으로 부르도록 하여주시였다. 오늘 우리 나라에서는 나무와 갈을 비롯한 여러가지 원료로부터 갖가지 인조섬유를 생산하고있으며 카바이드로부터 합성섬유를 생산하고있다.

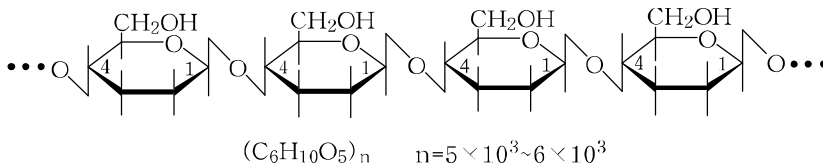
그림 4-8. 목화와 대마

섬유소는 자연계에 있는 천연고분자화합물로서 목화, 대마, 나무, 갈, 강냉이대를 비롯한 식물에 많이 들어있다.(그림 4-8)

섬유소는 식물체의 약 30~50%를 차지한다. 자연계에서 거의 순수한 섬유소로 얻어지는것은 목화이다.

섬유소의 구조

섬유소는 수많은 β-포도당들이 축합된 고분자이며 화학식은 농마와 같이 $(C_6H_{10}O_5)_n$으로 표시된다. 섬유소는 또한 매 포도당단위마다에 3개의 히드록실기가 있으므로 화학식을 간단히 $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$으로 쓰기도 한다.

섬유소와 농마의 구조는 서로 다르다.

섬유소는 농마와는 달리 오직 가지없는 실사슬구조로만 되여있고 그 길이도 훨씬 길다.(그림 4-9)

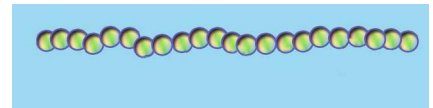



그림 4-9. 섬유소의 구조모형

Ⓘ 섬유소의 구조가 아밀로즈의 구조와 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?

섬유소분자들은 무질서하게 놓여있지 않다.

실모양의 섬유소분자들은 서로 평행으로 질서있게 놓여서 안정한 섬유소분자묶음을 이루고있다.(그림 4-10) 섬유소분자들은 서로 가까이 놓일수 있으므로 분자들사이에 작용하는 힘이 세기때문에 가느다란 실로 뽑을 때에도 끊어지지 않는다.

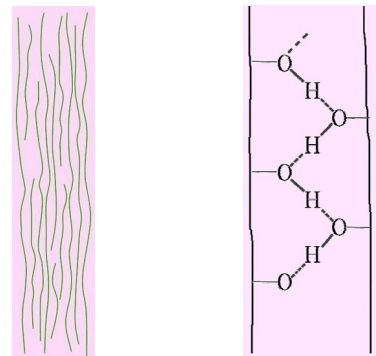



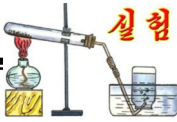
그림 4-10. 섬유소분자묶음

섬유소의 성질

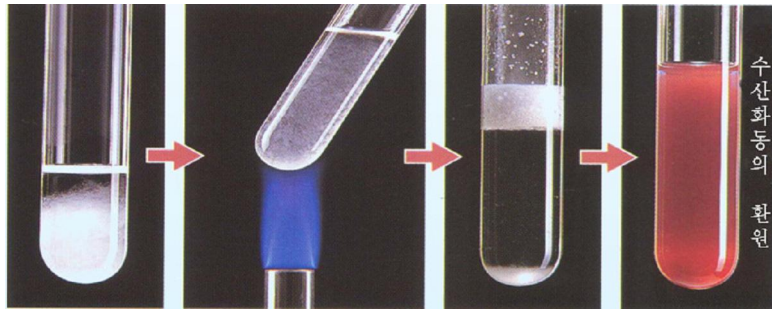
섬유소는 냄새와 맛이 없는 흰색의 물질이다.

물과 알콜, 에테르 등 유기용매에 용해되지 않는다.

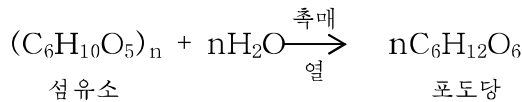
Ⓘ 섬유소는 농마처럼 환원제적성질이 없다. 왜 그런가?

섬유소도 농마처럼 가수분해되겠는가? 실험으로 알아보자.

섬유소의 가수분해

시험관에 목화솜 혹은 작은 려지를 넣고 짙은 류산을 넣어 흔든다. 어떤 현상이 나타나겠는가?

묵처럼 된 섬유소를 물이 든 시험관에 옮기고 약한 불로 가열한다. 식힌 다음 3방울의 $CuSO_4$용액과 많은 량의 NaOH용액을 넣어 산을 중화시키며 $Cu(OH)_2$침전물이 생기게 한다. 시험관에 열을 준다. 용액의 색은 어떻게 변하는가?

Cu_2O침전물이 생기므로 용액의 색은 붉은색으로 변한다.

이것은 섬유소가 산이 있는데서 가수분해되여 환원제적성질을 가지는 물질을 만든다는것을 말해준다. 섬유소가 가수분해되여 생긴 최종생성물은 포도당이다.

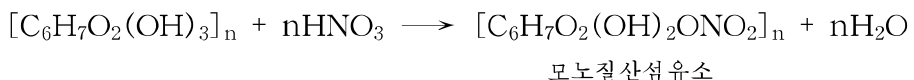
$$\underset{\text{섬유소}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow[\text{열}]{\text{촉매}} \underset{\text{포도당}}{nC_6H_{12}O_6}$$

사람은 섬유소를 분해시키지 못한다. 그러나 소나 양, 염소를 비롯한 일부 동물들은 풀을 먹고 산다. 이것은 무엇을 말해주는가?

섬유소는 효소에 의해서도 가수분해될수 있다.

※ 농마나 섬유소와 같이 물과 작용하여 여러개의 하나당류를 만드는 당을 **여러당류**라고 부른다.

섬유소분자에는 매우 많은 히드록실기가 있으므로 알콜처럼 산과 반응하여 에스테르를 만든다.

질산과 반응하여 질산섬유소를 만든다.

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + nHNO_3 \longrightarrow \underset{\text{모노질산섬유소}}{[C_6H_7O_2(OH)_2ONO_2]_n} + nH_2O$$

반응조건에 따라 디질산섬유소 $[C_6H_7O_2(OH)(ONO_2)_2]_n$, 트리질산섬유소 $[C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n$가 얻어질수 있다.

질소함량이 12.7~13.5%인 트리질산섬유소는 무연화약으로 쓰이고 11~12%인 디질산섬유소는 칠감, 셀룰로이드, 콜로디온막을 만드는데 쓰인다.

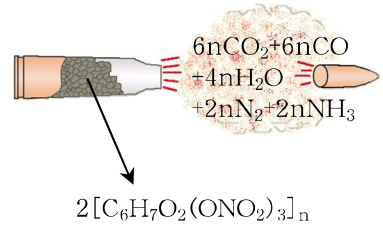



그림 4-11. 무연화약은 탄알을 날려보낸다

ⓘ 초산과 반응하여 초산섬유소가 얻어지는 반응식을 써보아라.

초산섬유소는 가소물, 필림, 초산인견을 만드는데 쓰인다.

참고 **콜로디온, 셀룰로이드**

A.D. 19세기 중엽에는 당구알을 상아로 만들었기때문에 그 값이 매우 비쌌다.

상아를 대신할수 있는 당구알재료를 만들어보리라 결심한 화학자 존 하이아트(1837-1926년)는 고심끝에 우연히 그 재료를 발견하였다.

어느날 그는 손가락에 상처를 입었는데 거기에 콜로디온용액(질산섬유소를 에테르-에틸알콜의 혼합용액에 용해시킨것)을 발랐더니 몇min 지나서 액체가 마르고 굳은 막이 생겼다. 이것을 보고 그는 콜로디온으로 당구알을 만드는데 성공하였다.

이 재료를 《셀룰로이드》라고 이름지었고 다음해인 1871년에 공업화하였다.

합성수지의 력사는 이때부터 시작되였다.

섬유소의 리용

섬유소는 팔프, 종이생산의 원료이다.

종이나 인조섬유의 원료로 쓰기 위하여 나무와 갈, 강냉이짚 같은데서 순수한 섬유소만을 갈라낸것을 **팔프**라고 부른다. 팔프를 물에 용해시키고 활석, 수지와 같은것들을 약간 섞은 다음 종이만드는 기계(초지기)에 넣으면 젖은 종이가 된다. 다음 이것이 건조통에 들어가 겉면이 매끈하게 다져지면서 종이가 된다. 활석은 종이의 겉면을 매끈하게 하며 수지는 잉크가 피지 않게 한다.

섬유소로 섬유를 만든다.

섬유란 무엇인가. 천을 짤수 있도록 실모양으로 가늘게 뽑은 고분자화합물이

섬유이다.

고분자화합물이 섬유로 되자면 고분자가 가지없는 실사슬구조를 이루고있어야 하며 그 분자들이 한 방향으로 질서있게 배렬되여있어야 한다. 그래야 고분자들사이에 끌힘이 커서 당겨도 끊어지지 않는 섬유로 된다.

섬유를 만들 때에는 실사슬구조를 가진 천연고분자화합물(목화솜, 누에고치)을 리용하거나 저분자물질(분자량이 작은 물질)을 원료로 하여 고분자물질을 합성한 다음 그것을 질서있게 한 방향으로 배렬시켜야 한다.

갈을 원료로 하는 인조섬유공업창설

1954년 7월 경애하는 수령님께서는 길주팔프공장에 찾아오시여 마형옥과학자에게 우리 나라에는 백양나무처럼 빨리 자라는 넓은잎나무와 갈이 많은데 그것을 효과적으로 리용하기 위한 연구사업을 할데 대하여 뜨겁게 말씀하시였다.

경애하는 수령님께서는 전후의 그 어려운 조건에서도 이 연구사업에 필요한 실험기구와 시약들을 비행기로 몸소 보내주시고 제기되는 문제들을 하나하나 풀어주시였다.

경애하는 수령님께서는 무성한 잡초밭의 아침이슬을 맞으시며 갈을 기본원료로 하는 화학섬유공장의 터전을 잡아주시고 풍랑사나운 서해의 배길을 헤치시며 믿음직한 원료기지도 잡아주시였다.

뿐만아니라 과학자의 연구사업정형을 몸소 구체적으로 료해하시고 갈에서 섬유를 뽑는것을 의심하지 않는다고, 신심이 있다고 고무해주시였다.

경애하는 수령님의 크나는 믿음과 은정속에서 마형옥과학자는 드디여 1961년 세계적으로 처음으로 갈을 원료로 하는 중간공장시험에 성공하였으며 갈섬유공업화를 실현하였다.

비스코스인조섬유는 어떻게 만드는가. 기본원료는 팔프이다. 팔프에서 무질서하게 배치되여있는 섬유소분자들을 질서있게 배렬시키기 위하여 다음과 같이 한다.

우선 팔프를 17~18%의 가성소다용액과 작용시켜 알카리섬유소를 만든다. 알카리섬유소를 이류화탄소와 반응시키면 섬유소크산토겐산나트리움이 얻어진다. 섬유소크산토겐산나트리움을 묽은 가성소다용액에 용해시키면 끈기있는 용액인 비스코스가 된다.(그림 4-12)

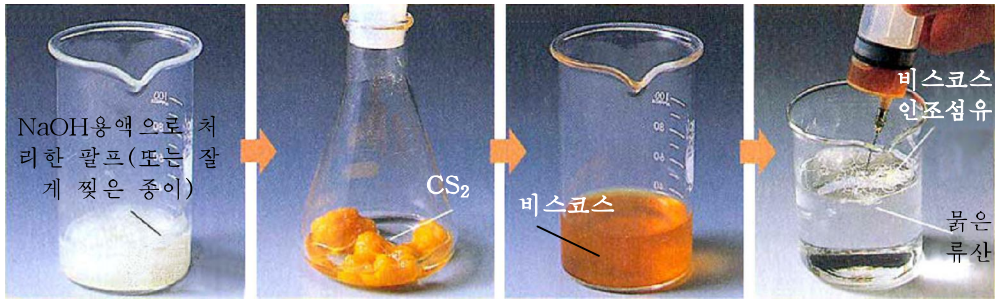



그림 4-12. 인조섬유의 합성

※ **비스코스**라는 말은 라틴어로 《진득진득한것》을 의미한다.

다음 비스코스(방사액)를 노즐을 거쳐 류산용액(응고액)속으로 방사하면 섬유소크산토겐산나트리움이 류산과 반응하여 섬유소로 되살아나 질서있게 배렬된다.

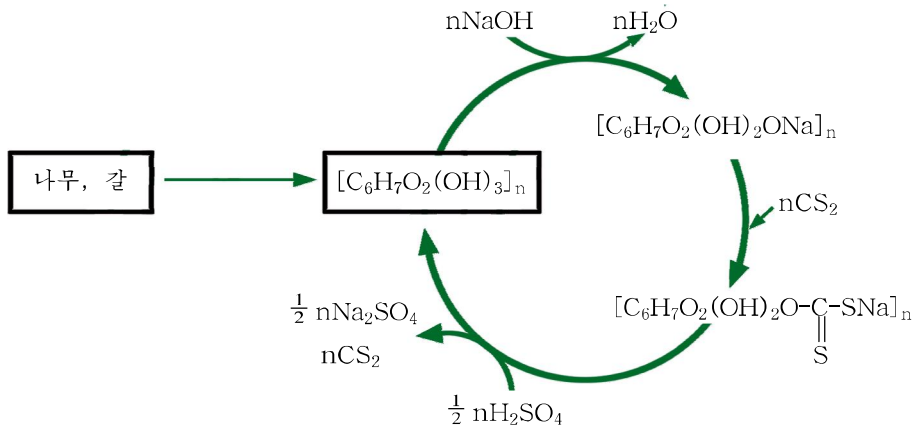



그림 4-13. 비스코스를 만드는 과정은 섬유소의 재생과정이다

? 그림 4-13에서의 과정을 화학반응식으로 나타내여라.

※ **방사**란 섬유원료를 용매에 풀어서 일정한 압력으로 가는 구멍(노즐:1㎠의 면적에 구멍이 60개 혹은 4 000개 뚫린것이 있다.)을 거쳐 밀어내는것을 말한다.

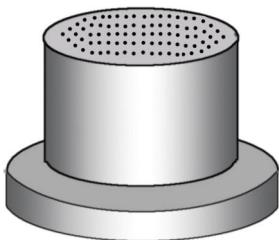



그림 4-14. 노즐

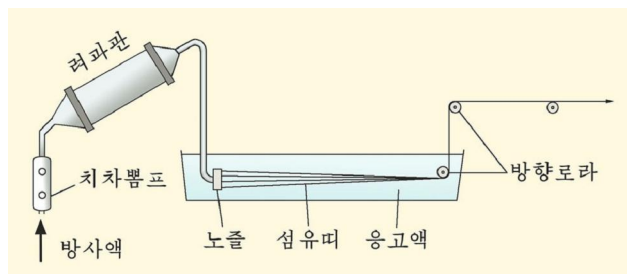



그림 4-15. 비스코스인조섬유방사

방사하여 얻은 섬유를 물로 씻고 잡아늘구어 말리우면 인조섬유(재생섬유라고도 부른다.)로 된다. 얻어진 섬유를 짧게 잘라서 솜처럼 만든것이 스프이다.

비스코스를 실틈사이를 거쳐 응고액속으로 내보내면 셀로판막이 얻어진다.(그림 4-16)

그림 4-16. 셀로판만들기

지금은 섬유소를 직접 용매(NMMO: N-메틸모르폴린옥시드)에 용해시키고 응고욕에서 응고시켜 《리오셀》이라고 하는 섬유를 생산하고있다.

리오셀섬유는 비스코스섬유보다 질이 훨씬 더 좋다. 이 섬유의 세기는 지금까지 알려진 인조섬유가운데서 제일 크며 합성섬유인 데트론과 비슷하다. 이 섬유는 가벼우면서도 질기고 빨아도 줄지 않으며 흡수성이 좋다. 그러므로 여러가지 뜨개옷, 샤쯔, 운동복을 만들수 있으며 다른 섬유와 혼방하여 쓸수도 있다.

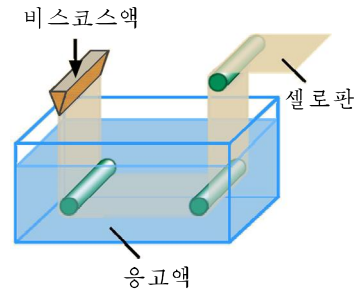
리오셀섬유는 원료원천이 풍부하고 원료소비가 비스코스섬유보다 훨씬 적다. 비스코스 1t 생산하는데 NaOH, CS_2, $ZnSO_4$과 같은 원료가 3.5~4t 소비되지만 리오셀섬유 1t 생산하는데 용매가 0.05~0.08t밖에 소비되지 않을뿐아니라 99.5%까지 회수하여 쓰며 물은 완전히 재순환하여 쓴다. 또한 생산공정이 간단하고 생산주기가 짧다.(비스코스섬유생산에서는 40~50h, 리오셀섬유생산에는 3h정도 걸린다.)

리오셀섬유는 만드는 과정에 화학반응이 진행되지 않으므로 유해가스 등 페기물이 없어 공해를 일으키지 않는다. 그러나 비스코스섬유생산과정에는 CS_2, H_2S, SO_2 등이 생기므로 유해가스가 생기며 섬유 t당 300~450m^3의 페수가 나와 강하천을 오염시킨다.

리오셀섬유제품은 짧은 시간내에 생물분해될수 있으므로 그 페설물은 오염을 일으키지 않는다.

※ **섬유의 세기**-보통 섬유를 길이방향으로 당기여 끊을 때의 세기인데 세기가 클수록 일반적으로 섬유를 오래 쓸수 있으며 쓸모는 많아진다.

음식물에 들어있는 섬유소는 사람의 소화과정에서 중요한 작용을 한다.

즉 밸의 운동과 소화액의 분비를 촉진시켜 음식물의 소화와 배설을 돕는다.

우리 나라에서 섬유의 력사

우리 선조들은 오래전부터 삼섬유(삼섬유는 대마로 만든다.)로 실과 천을 생산하여 리용하였다. 당시 생산된 직물은 모두 베실(삼실)로 짠 마직물(베천)이였다. 삼실에 뒤이어 명주실과 모실을 사용하게 되였고 B.C. 1000년경에는 마직물, 견직물, 모직물이 옷감으로 쓰이게 되였다.

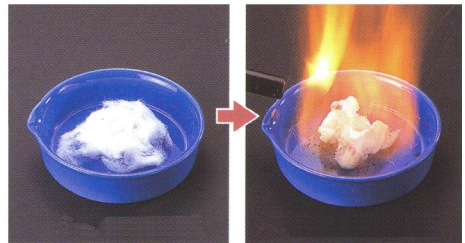
A.D. 3세기에 삼섬유를 원료로 하는 종이를 만들어 사용하였다. 당시 우리 나라의 종이는 그 질이 좋고 종류가 다양한것으로 하여 주변 나라들에 널리 알려져있었다.

A.D. 14세기 중엽에 문익점에 의하여 목화가 재배되면서 우리 나라에서도 무명이 퍼지게 되였다.

세상에 처음 나온 화학섬유-인조섬유와 샤르돈네

샤르돈네(프랑스, 1839-1924년)는 누에가 뽕잎을 먹고 실을 토하는것을 보면서 뽕잎을 가지고 섬유를 만들어볼 생각을 하였다. 그는 뽕잎을 분쇄하고 그것을 질산에 녹여 니트로섬유소를 만들고 그것을 주사기로 뽑아 비단실처럼 윤기나고 촉감도 아주 부드러운 실을 만들었다. 그는 이 화학섬유를 태양의 해살과 같다는 뜻에서 《레욘》이라고 부르고 1884년 영국에서 열린 《만국박람회》에 내놓았다.

최초의 화학섬유 《레욘》은 비단실보다 더 아름다와 관람자들의 인기를 독점하였다. 그런데 그후 끔찍한 일이 벌어졌다.

당시 귀족부인들이 서로 다투어 새로 나온 이 비단천으로 야회복을 해입고있었는데 어느날 담배불이 그 옷에 떨어지자 옷은 순식간에 타버렸으며 그 옷을 입고있던 귀족부인은 화상을 입고 죽고말았다. 사실상 니트로섬유소는 화약이였던것이다. 그후 샤르돈네는 더욱 분발하여 1891년 오늘의 비스코스섬유를 만드는데 성공하였다.

※ 섬유소에 치환기가 붙은 섬유인 질산섬유소, 초산섬유소를 **반합성섬유**라고 부른다.

문 제

1. 다음 물음에 대답하여라.

1) 아래 물질들가운데서 천연고분자화합물에 속하는것은 어느것인가?

ㄱ) 섬유소　ㄴ) 사탕　ㄷ) 농마　ㄹ) 길금당

2) 아래 물질들가운데서 환원제적성질을 가지는 당류는 어느것이며 가수분해되여 얻어진 최종생성물이 2가지 물질인것은 어느것인가?

ㄱ) $C_6H_{12}O_6$(포도당)　ㄴ) $C_{12}H_{22}O_{11}$(사탕)

ㄷ) $(C_6H_{10}O_5)_n$(농마)　ㄹ) $(C_6H_{10}O_5)_n$(섬유소)

3) 농마와 섬유소에 대한 서술에서 정확치 않은것은 어느것인가?

ㄱ) 이것들의 일반식은 모두 $(C_6H_{10}O_5)_n$이다. 서로 이성체이다.

ㄴ) 이것들은 모두 혼합물이다.

ㄷ) 이것들은 모두 가수분해될수 있다. 최종생성물은 모두 포도당이다.

ㄹ) 모두 천연고분자화합물이다.

2. 간단히 대답하여라.

ㄱ) 섬유소도 농마처럼 가수분해되여 포도당으로 된다.

그런데 왜 사람은 섬유소를 직접 영양물질로 섭취할수 없는가?

ㄴ) 농마로는 왜 섬유를 만들지 못하는가?

3. 분자량이 아래와 같은 섬유소분자에 포도당고리가 몇개 들어있는가?

ㄱ) 솜의 섬유소분자량 1 750 000　ㄴ) 아마의 섬유소분자량 5 900 000

4. 어떤 목화섬유의 평균분자량은 5×10^5이다. 이 목화섬유분자에 들어있는 포도당고리의 개수는 아래의것 가운데서 어느것에 근사하겠는가?

ㄱ) 32　ㄴ) 3.5×10^2　ㄷ) 3.2×10^3　ㄹ) 3.6×10^3

제5절. 에스테르, 기름

에스테르

ⓘ 에스테르는 어떤 반응에 의해서 생기는가? 화학반응식을 써라.

카르본산의 분자구조와 비교하여보면 에스테르란 어떤 물질인가?

에스테르는 카르본산분자에서 카르복실기의 수소원자를 탄화수소기로 바꾼 화합물이다.

여러가지 에스테르 표 4-2

에스테르의 종류	에스테르를 이루는 성분	
	알콜	카르본산
과일향물질	저급알콜	저급카르본산
밀	고급알콜	고급카르본산
동식물성기름	글리세린	카르본산(탄소원자수 4~20)

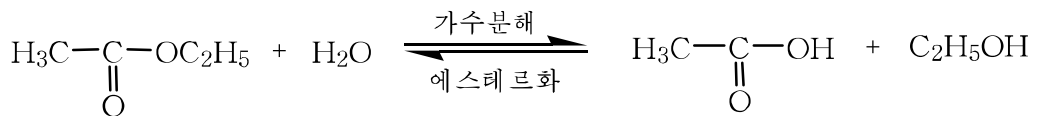
※ 꿀벌집, 고래밀(고래기름속에 함유), 가두배추잎과 익어가는 사과, 포도알의 겉면에 덮여있는 흰색의 뽀얀 물질은 밀(랍)성분이다. 이것은 생체를 보호하는 역할을 한다. 일반적으로 양초, 비누와 화장품, 고약, 전기절연재료, 성형재료, 윤택제 등을 만드는데 많이 쓰인다.

에스테르는 동식물체에 들어있다. 사과, 배, 살구 같은 과일과 꽃의 향기로운 냄새는 그속에 들어있는 에스테르때문이다. 밀도는 일반적으로 물보다 작고 물에는 용해되기 힘드나 다른 유기화합물을 잘 용해시킨다. 에스테르는 알콜과 무기산이 반응할 때에도 만들어진다. 니트로글리세린은 글리세린이 질산과 반응하여 만들어진 글리세린의 질산에스테르이다.(무기산에스테르)

에스테르화반응의 역반응은 없겠는가?

에스테르의 중요한 성질은 가수분해되는것이다. 이때 촉매로서 산과 알카리가 리용된다.

초산에틸에스테르에 묽은 류산을 넣고 가열하면 산과 알콜로 분해된다.

$$H_3C-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OC_2H_5 + H_2O \underset{\text{에스테르화}}{\overset{\text{가수분해}}{\rightleftharpoons}} H_3C-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH + C_2H_5OH$$

에스테르의 가수분해는 에스테르화반응의 역반응이다.

에스테르는 용매로 리용하거나 각종 음료수와 당과류의 향료로 쓰인다.

참고 에스테르는 좋은 향기를 가지고있다

$CH_3COOC_5H_{11}$	초산이소아밀에스테르	배향기
$CH_3COOC_4H_9$	초산부틸에스테르	살구향기
$C_4H_9COOC_2H_5$	이소발레리안산에틸에스테르	사과향기
$C_3H_7COOC_8H_{17}$	버터산옥틸에스테르	귤향기

기름

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《강냉이를 가공하여 쌀을 공급하고 강냉이눈을 거두어 기름을 짜서 군안의 로동자, 사무원들에게 공급하는것은 대단히 좋은 일입니다.》

우리가 먹는 콩기름, 강냉이기름, 소 및 돼지기름, 땅콩기름, 참깨기름 등은 모두 사람에게 절실히 필요한 영양물질이며 공업의 중요한 원료이다.

경애하는 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도와 크나큰 배려에 의하여 우리나라에서는 현대적인 기름생산기지들이 꾸려지고 거기에서 많은 기름을 생산함으로써 근로자들에 대한 기름공급량이 늘어나고 공업에 필요한 기름도 더 많이 대주고있다.

기름에는 보통온도에서 액체(식물에 들어있다.)인 기름과 고체(동물에 들어있다.)인 기름이 있다. 기름은 에네르기가 가장 높은 영양성분이다.(표 4-3)

영양물질이 내는 에네르기 표 4-3

분류	1g의 물질이 내는 열량/$kJ \cdot g^{-1}$
기름	39.3
당류	17.2
단백질	18

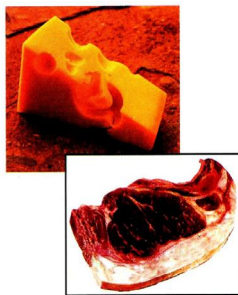



그림 4-17. 기름이 풍부하게 들어있는 음식물

그림 4-18. 여러가지 기름

기름과 건강

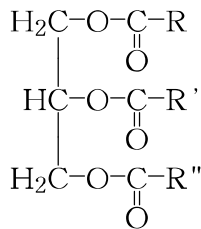
정상조건에서 사람(어른)은 하루 필요되는 총 열량의 20~25%에 해당되는 기름을 먹는것이 합리적이다. 기름이 적은 식사를 할 때에는 시력의 장애가 생기고 겨울에 동상에 대한 저항성이 낮아지며 추위를 잘 타고 힘살의 힘이 약해진다.

일부 비타민(A, D, E, K 등)은 기름에만 용해된다. 그러므로 기름을 먹어야 사람의 신진대사과정에 절실히 필요한 비타민이 몸에 흡수될수 있다.

기름은 원료에 따라 여러가지 방법으로 얻는다. 식물성기름은 보통 기름원료를 눌러짜거나 용매를 써서 우려낸다. 동물성기름은 원료를 가마에 넣고 열을 주어 녹여내는 방법으로 얻는다.

기름의 조성과 구조. 기름은 고급카르본산과 글리세린으로 이루어진 에스테르이다.

고체기름은 주로 포화카르본산［**례:** 스테아린산 $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$, 팔미틴산 $CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$］의 에스테르이며 액체기름은 주로 불포화카르본산［**례:** 올레인산 $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$］의 에스테르이다. 이것의 구조는 다음과 같이 표시할수 있다.

$$
\begin{array}{l}
H_2C-O-\underset{\Vert \atop O}{C}-R \\
\quad | \\
\ HC-O-\underset{\Vert \atop O}{C}-R' \\
\quad | \\
H_2C-O-\underset{\Vert \atop O}{C}-R''
\end{array}
$$

R, R′, R″는 포화탄화수소기 또는 불포화탄화수소기이다. R, R′, R″는 같을수도 있고 다를수도 있다.

기름의 성질. 기름은 물보다 가볍고(ρ=0.9~0.95g/㎤) 물에 용해되기 힘들며 유기용매에는 쉽게 용해된다. 냄새와 색이 없으며 점성이 있다.

① **기름의 산화.** 기름은 공기중에서 산소, 빛, 열, 수분의 작용을 받아 산화된다. 이때 알데히드, 케톤, 저급카르본산과 같은 물질이 생긴다. 산화된 기름에서는 나쁜 냄새가 나며 신맛이 난다. 산화된 기름은 몸에 해롭다.

그러므로 기름은 서늘하고 빛을 받지 않는 곳에 보관해야 한다.

② **기름의 수소화.** 액체기름분자의 탄화수소기에는 어떤 결합이 존재하는가? 이로하여 어떤 성질을 가지겠는가?

액체기름은 니켈(Ni)촉매가 있는데서 수소부가반응을 한다. 이때 고체기름으로 된다.

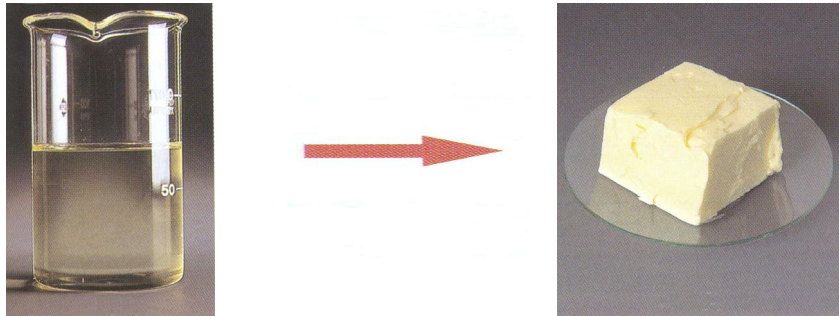
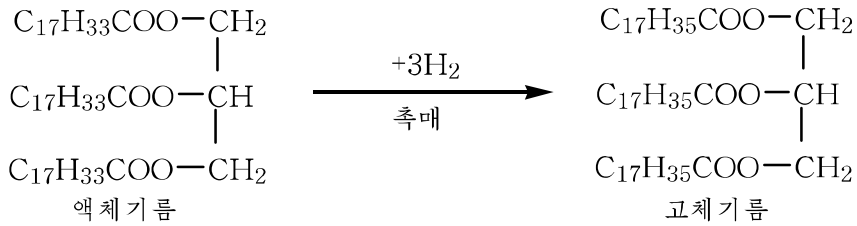



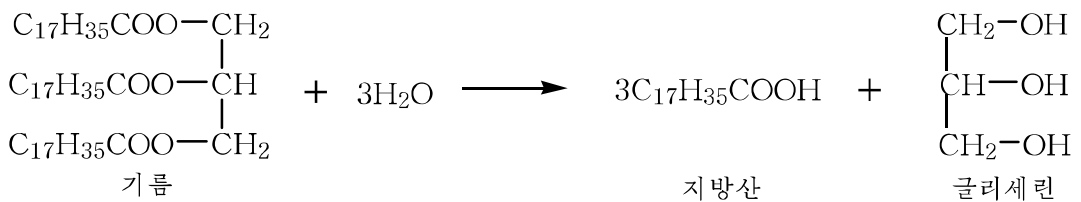
그림 4-19. 기름의 경화

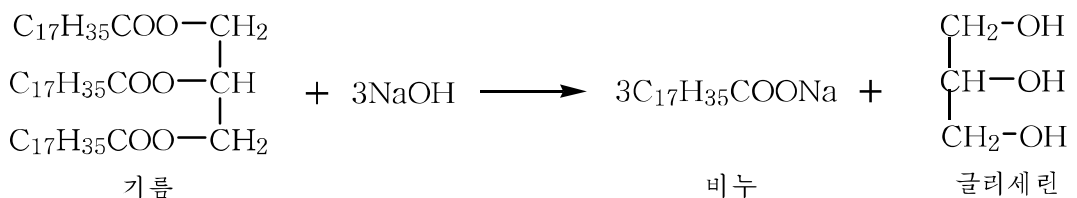
이러한 반응을 기름의 수소화 또는 기름의 경화라고 부르며 이때 얻어진 기름을 **경화유**라고 부른다. 이 반응을 리용하여 각종 식물성기름을 경화유로 변화시킨다.

경화유는 비누나 지방산, 글리세린을 만드는 원료로 쓰인다.

③ **기름의 가수분해.** 기름은 에스테르에 속한다. 어떤 반응이 가능하겠는가?

적당한 조건(산 혹은 알카리 혹은 고온수증기존재)에서 기름은 가수분해되여 글리세린과 고급지방산으로 된다.

$$\begin{matrix} C_{17}H_{35}COO-CH_2 \\ \quad\quad\quad\quad | \\ C_{17}H_{35}COO-CH \\ \quad\quad\quad\quad | \\ C_{17}H_{35}COO-CH_2 \\ \text{기름} \end{matrix} + 3H_2O \longrightarrow \underset{\text{지방산}}{3C_{17}H_{35}COOH} + \begin{matrix} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \\ \text{글리세린} \end{matrix}$$

기름을 알카리존재하에서 가수분해하면 비누(고급카르본산의 알카리금속염)가 생긴다.

$$\begin{matrix} C_{17}H_{35}COO-CH_2 \\ \quad\quad\quad\quad | \\ C_{17}H_{35}COO-CH \\ \quad\quad\quad\quad | \\ C_{17}H_{35}COO-CH_2 \\ \text{기름} \end{matrix} + 3NaOH \longrightarrow \underset{\text{비누}}{3C_{17}H_{35}COONa} + \begin{matrix} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \\ \text{글리세린} \end{matrix}$$

이 반응을 **비누화반응**이라고 부른다.

공업에서는 이 반응을 리용하여 비누를 만든다.

기름의 가수분해는 사람의 소화과정에도 일어난다. 기름은 소장에서 효소의 촉매작용으로 가수분해되여 지방산과 글리세린으로 되며 이것들은 장벽에서 흡수되여 인체의 성분으로 된다.

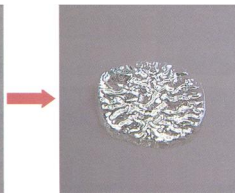
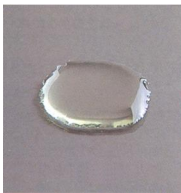
기름의 분류

기름은 마르는 속도에 따라 건성유, 반건성유, 불건성유로 나눈다. 이것은 기름의 쓸모를 규정하게 한다.

분 류	많이 있는 곳	리 용
건성유	아마씨기름, 오동기름, 들깨기름, 호두기름	칠감, 뼁끼, 그림재료, 물기막이천, 전기절연재료
반건성유	콩기름, 참깨기름, 채종유	식용유
불건성유	동백기름, 피마주기름, 야자기름, 유채기름, 올리브기름, 소기름	의약품, 화장품, 식용유, 머리기름

건성유는 유화구의 재료로 리용한다. 유화구의 재료는 안료를 건성유에 푼것이다.

수채화구는 물이 증발하며 마르기때문에 마른 다음에 그림이 거의 평면으로 된다. 그러나 유화구는 건성유가 공기중의 산소에 의하여 산화중합되면서 수지상으로 되여 건조된다. 그러므로 건조되여도 그림재료의 체적감소가 거의 없으므로 립체감을 준다.

보일유는 건성유에 Mn, Pb, Co 등의 화합물을 첨가하여 건조성을 높인것이다.

비누와 합성세척제

① **비누가 때를 없애는 원리.** 비누가 때를 없애는것은 고급지방산나트리움의 작용때문이다. 이 분자에는 극성을 띠는 -COONa(친수성기)와 무극성을 띠는 -R(소수성기)가 있다.(그림 4-20) 소수성기는 기름에 잘 가붙는다. 그러므로 비누는 때(기

름과 먼지가 섞인것)와 물사이에 끼여들면서 때를 둘러싸 천천히 섬유조직에서 떼내여 물속에 작은 알갱이로 흩어지게 한다.(그림 4-21)

그림 4-20. 비누의 구조

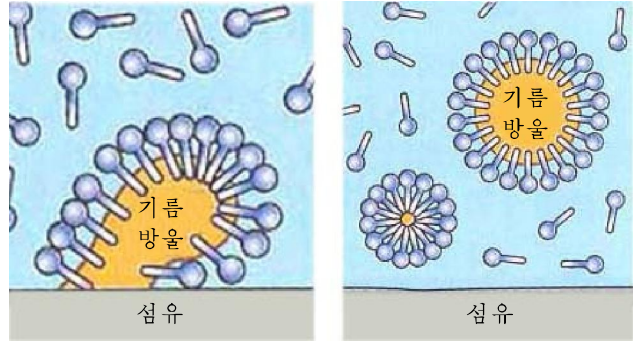



그림 4-21. 비누의 세척작용

② **합성세척제.** 합성세척제는 비누와 같이 분자안에 친수성기와 소수성기를 가진 화합물로서 기름을 쓰지 않고 만든다.

대표적인것은 고급알콜(파라핀으로부터 얻는다.)과 류산과의 에스테르인 알킬술폰산나트리움 $R-SO_3Na$과 긴 사슬의 알킬벤졸로부터 만든 알킬벤졸술폰산나트리움 $R-C_6H_4-SO_3Na$ 등을 들수 있다. 합성세척제는 고체상태의 가루비누와 액체상태의 비누로 나눈다.

비누용액은 알카리성을 띠므로 양털, 견과 같이 알카리에 견디지 못하는 천(동물성섬유)을 줄어들게 하는 등 못쓰게 만든다.

그러나 합성세척제수용액은 중성을 띠므로 모든 천을 다 세척할수 있다.

비누는 또한 경수와 바다물에서는 Ca^{2+}, Mg^{2+}와 반응하여 물에 용해되지 않는 염을 만들므로 세척작용이 약해진다. 그러나 합성세척제는 Ca^{2+}, Mg^{2+}와 물에 용해되는 염을 만들므로 경수나 바다물에서도 세척능력이 약해지지 않는다.

합성세척제와 물의 오염

합성세척제들가운데서 수질오염을 일으키지 않는 알킬벤졸술폰산나트리움이 많이 리용된다. 합성세척제를 대량 사용하면 생활오수가 강으로 흘러들어 물을 오염시키게 된다.

합성세척제에 의한 물의 오염은 그의 분자구조가 안정하여 미생물의 분해를 받지 않는것과 관련되여있다. 또한 린이 들어있는 세척제는 물속에서 사는 일련의 미생물을 번식시킴으로써 산소의 용해성을 낮추고 수질변화를 일으키게 한다.

그림 4-22. 비누와 합성세척제의 성질

ⓘ 휘발유를 가지고도 기름때를 없앨수 있다. 휘발유와 비누 혹은 합성세척제에 의한 옷의 세척원리에서 다른 점은 무엇이라고 생각하는가?

문 제

1. 간단히 대답하여라.

ㄱ) 기름은 왜 사람에게 있어서 중요한 영양물질이라고 하는가?

ㄴ) 기름이 묻어있는 시험관을 세척할 때 왜 Na_2CO_3용액을 쓰는가? 이와 관련한 화학방정식을 써라.

2. 아래의 에스테르에 관한 표현중에서 정확치 않은것은 어느것인가?

ㄱ) 카르본산과 알콜을 센산의 존재하에서 가열하면 에스테르가 생긴다.

ㄴ) 초산과 포름알데히드는 에스테르화반응을 하여 개미산에틸에스테르를 만든다.

ㄷ) 에스테르화반응의 역반응은 가수분해반응이다.

ㄹ) 당류와 꽃, 꿀 등에는 저급에스테르가 존재한다.

3. 기름의 가수분해반응을 리용하여 고급지방산을 만들려고 한다.

이때 보통 선택해야 하는 조건은 _____이다.

만일 비누를 만든다고 할 때 선택해야 하는 조건은 _____이다.

4. 사람의 지방 1kg은 약 32 200kJ의 에네르기를 저축한다. 일반적으로 사람이 1km를 걷는데 170kJ의 에네르기가 소비된다. 어떤 사람이 매일 5km를 걷는다면 1년에 소비되는 기름은 대략 얼마인가? (**답.** 9.6kg)

제6절. 아미노산

위대한 장군님께서는 현지지도의 길에 오르실 때마다 지방의 식료상점과 군인식당에 들리시여 몸소 장맛까지 보아주시며 장을 맛있게 담그도록 구체적인 가르치심을 주시였다.

간장, 된장은 왜 구수하고 단맛을 내는가?

그것은 간장, 된장안에 여러가지 아미노산들이 들어있기때문이다.

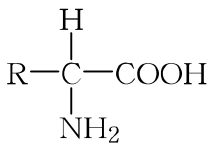
아미노산은 구수하고 단맛을 가진 무색의 결정으로서 물에 용해되기 쉬우나 에테르, 헥산 등의 유기용매에는 용해되기 힘들다.

그림 4-23. 간장, 된장

초산분자 CH_3-COOH의 메틸기에서 수소원자 하나가 아미노기로 바뀌면 아미노초산(글리신) H_2N-CH_2-COOH이 된다.

아미노초산과 같이 한분자안에 아미노기 $-NH_2$과 카르복실기 –COOH를 가지고 있는 화합물을 **아미노산**이라고 부른다.

아미노산가운데서 $-NH_2$과 -COOH가 같은 탄소원자에 결합되여있는것을 **α-아미노산**이라고 부른다.

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ R-C-COOH \\ | \\ NH_2 \end{array}$$

α-아미노산의 일반식

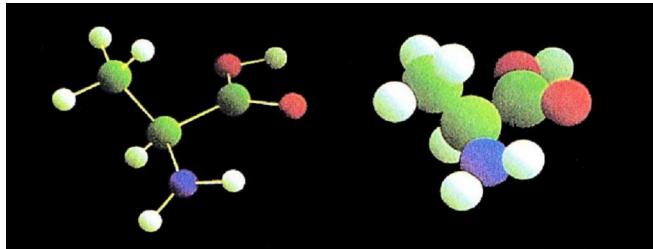
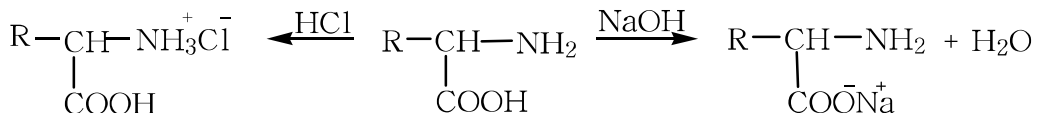



그림 4-24. 아미노산의 분자구조모형

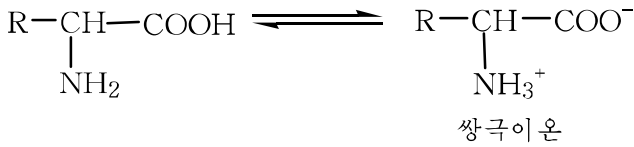
단백질을 구성하는 아미노산에는 20여종이 있는데 모두 α-아미노산이다. 그러나 자연에는 β-알라닌과 같이 α형이 아닌것도 있다.

아미노산은 분자안에 $-NH_2$과 -COOH를 가지고있으므로 량성을 나타내는 화합물이다. 그러므로 아미노산은 산, 염기와 반응하여 모두 염을 만든다.

$$\begin{array}{c} R-CH-\overset{+}{N}H_3\overset{-}{Cl} \\ | \\ COOH \end{array} \xleftarrow{HCl} \begin{array}{c} R-CH-NH_2 \\ | \\ COOH \end{array} \xrightarrow{NaOH} \begin{array}{c} R-CH-NH_2 \\ | \\ CO\overset{-}{O}\overset{+}{N}a \end{array} + H_2O$$

아미노산은 분자안에 산성원자단(-COOH)과 염기성원자단($-NH_2$)을 가지고있는 량성화합물이므로 용액에서 《쌍극이온》으로 있게 된다.

$$R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH \rightleftharpoons R-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^-$$

쌍극이온

그림 4-25. 용액의 pH에 따르는 아미노산의 움직임

※ **쌍극이온** - 한분자안에 양전하와 음전하를 띤 원자단을 다 가지고있는 이온.

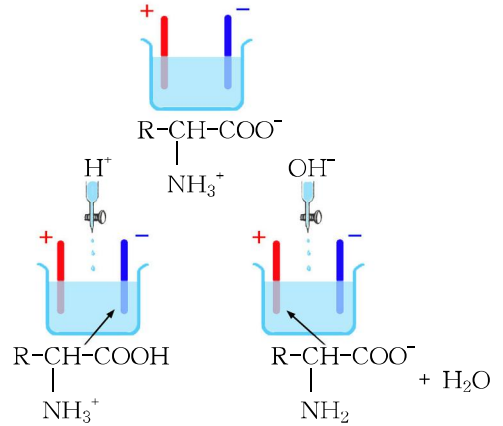
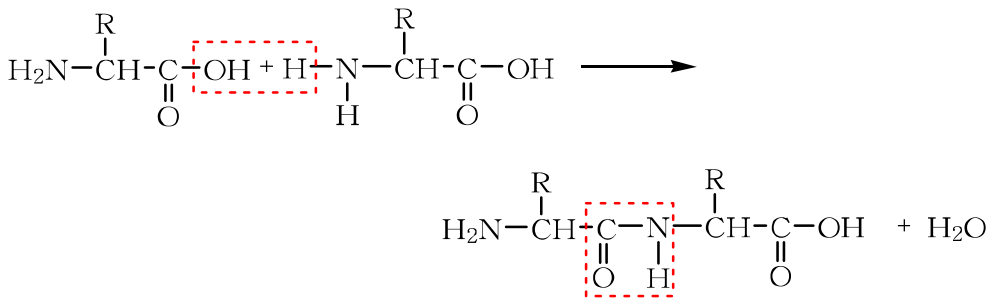
이러한 성질은 아미노산의 분리에 리용한다.

맛내기는 글루타민산의 나트리움염이다.

? 아미노산이 알콜과 반응하면 어떤 물질이 얻어지겠는가? 화학방정식으로 나타내여라.

아미노산들은 서로 축합하는 반응도 진행한다.

$$H_2N-\overset{\overset{R}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH + H-\underset{\underset{H}{|}}{N}-\overset{\overset{R}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH \longrightarrow$$

$$H_2N-\overset{\overset{R}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{N}-\overset{\overset{R}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH + H_2O$$

펩티드결합

한 아미노산분자의 카르복실기와 다른 아미노산분자의 아미노기사이에서 물이 떨어지면서 이루어지는 결합을 **펩티드결합**이라고 부르며 이때 얻어진 화합물을 **펩티드**라고 부른다.

※ 펩티드결합을 이루고있는 원자단 $-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-NH-$ 을 **펩티드기**라고 부른다.

펩티드를 이루는 반응은 몸안의 세포에서 효소에 의해서도 일어난다. 음식물로부터 얻어진 아미노산들은 이 반응에 의하여 폴리펩티드(단백질)를 만들면서 유기체를 이루는데 참가한다.

필수아미노산

사람이 몸안에서 만들어내지 못하고 음식물로부터 받아들이지 않으면 안되는 아미노산을 **필수아미노산**이라고 부른다. 필수아미노산은 동물의 종류에 따라서 조금 차이는 있으나 사람에게는 로이신, 이소로이신, 발린, 트레오닌, 리진, 메티오닌, 페닐알라닌, 트립토판의 8가지가 필수아미노산으로 된다. 어린이들인 경우에는 히스티딘이 더 포함되여 9가지이다.

몇가지 아미노산을 표 4-4에 주었다.

몇가지 아미노산 표 4-4

이름	구조식	분해온도 /℃	특징, 들어있는 곳
글리신	$H-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	290	중성아미노산 동물의 단백질에 널리 존재, 가장 간단한 아미노산
알라닌	$CH_3-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	297	중성아미노산 거의 모든 단백질에 들어있고 누에고치에 많다.
메티오닌	$CH_3-S-(CH_2)_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	281	중성아미노산 우유의 카제인에 들어있다.
시스테인	$HS-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	240	중성아미노산 단백질에 널리 존재하며 털에 많다.
글루타민산	$HOOC-(CH_2)-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	247~249	산성아미노산 밀에 많다.
리진	$H_2N-(CH_2)_4-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	224~225	염기성아미노산 단백질에 널리 존재한다.
티로신	$HO-C_6H_4-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	342~344	방향족아미노산 누에고치, 우유에 많이 있다.

문 제

1. 글리신 두 분자로부터 펩티드가 얻어지는 반응을 화학반응식으로 써라.

2. 아래의 유기화합물가운데서 히드록실기가 없는것은 어느것인가?

ㄱ) 트리니트로글리세린

ㄴ) α-아미노초산

ㄷ) 포도당

ㄹ) 섬유소

ㅁ) 트리질산섬유소

3. 다음의 아미노산들가운데서 α-아미노산은 (　)이다.

ㄱ) $CH_3-CH(NH_2)-CH_2-COOH$　　ㄴ) $CH_2(NH_2)-CH_2-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH$

ㄷ) $HOOC-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH$

4. 다음의 성질가운데서 α-아미노산에 해당되는 내용은 (　)이다.

ㄱ) 일반적으로 디에틸에테르, 벤졸 등의 유기용매에 용해되지 않고 물에 용해되기 쉽다.

ㄴ) 아미노산은 산성만 나타낸다.

ㄷ) 아미노산결정은 다른 유기화합물보다 녹음점이 높다.

ㄹ) 펩티드를 만든다.

5. 질소가 들어있는 어떤 유기화합물에 탄소는 32％, 산소는 42.66％, 수소는 6.67％있다. 이 물질과 수산화나트리움은 같은 물질량으로 반응한다. 이 물질 7.5g과 수산화나트리움용액이 반응할 때 소비된 수산화나트리움은 4g이다. 유기화합물의 분자식과 가능한 구조식을 써라.

제7절. 단백질

경애하는 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 근로자들에 대한 단백질공급문제를 다른 나라에 매여달려 풀려고 하지 말고 반드시 자체로 풀도록 하여야 합니다.》

경애하는 수령님과 위대한 장군님께서는 우리 인민들에게 단백질을 더 많이 공급할 방도를 하나하나 밝혀주시고 콩, 당콩을 비롯한 식물성단백질식료품과 함께 고기와 알, 물고기를 비롯한 동물성단백질식료품의 생산을 늘이도록 현명하게 이끌어

주시였다. 단백질은 동물유기체를 이루는 기본성분이며 많은 식물의 열매에도 풍부하게 들어있는 천연고분자화합물이다.

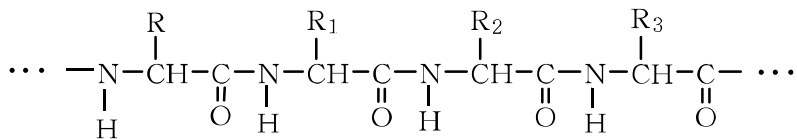
※ 우리 몸에서 수분과 뼈를 내놓은 거의 모든 조직들(근육, 피부, 머리칼 …)과 생명활동에서 중요한 역할을 하는 효소, 산소를 운반하는 피, 병을 일으키는 세균, 항체 등에는 모두 단백질이 들어있다. 단백질은 고기(돼지고기에 약 21.3%)와 알(닭알에 약 12.6%), 물고기(마른 명태에 약 79.5%), 콩(약 39.2%), 줄당콩(약 28.2%) 같은데 많이 들어있다.

그림 4-26. 단백질이 많이 포함된 음식

사람의 몸에는 1만여종의 단백질이 들어있다.

단백질의 조성과 구조

단백질은 수많은 α-아미노산분자들이 펩티드결합으로 이루어진 폴리펩티드로서 그 분자량이 몇만~몇천만정도에 이른다.

$$\cdots -\underset{\substack{|\\ \mathrm{H}}}{\mathrm{N}}-\overset{\substack{\mathrm{R}\\ |}}{\mathrm{CH}}-\underset{\substack{\|\\ \mathrm{O}}}{\mathrm{C}}-\underset{\substack{|\\ \mathrm{H}}}{\mathrm{N}}-\overset{\substack{\mathrm{R_1}\\ |}}{\mathrm{CH}}-\underset{\substack{\|\\ \mathrm{O}}}{\mathrm{C}}-\underset{\substack{|\\ \mathrm{H}}}{\mathrm{N}}-\overset{\substack{\mathrm{R_2}\\ |}}{\mathrm{CH}}-\underset{\substack{\|\\ \mathrm{O}}}{\mathrm{C}}-\underset{\substack{|\\ \mathrm{H}}}{\mathrm{N}}-\overset{\substack{\mathrm{R_3}\\ |}}{\mathrm{CH}}-\underset{\substack{\|\\ \mathrm{O}}}{\mathrm{C}}- \cdots$$

단백질을 이루는데 참가하는 아미노산은 20여가지(글리신, 알라닌, 메티오닌, 시스테인, 글루타민산, 리진, 티로신…)밖에 안된다. 그러나 생물체를 이루는 단백질의 종류는 헤아릴수 없이 많다.

그것은 폴리펩티드사슬에서 아미노산의 종류와 개수, 그것들의 결합순서가 다르면 다른 종류의 단백질로 되기때문이다.

폴리펩티드사슬은 사슬안의 $>$NH와 $>$C=O사이의 수소결합으로 하여 타래모양으로 꼬이고 구부러지면서 둥글둥글한 공간구조를 이룬다.(그림 4-27, 4-28)

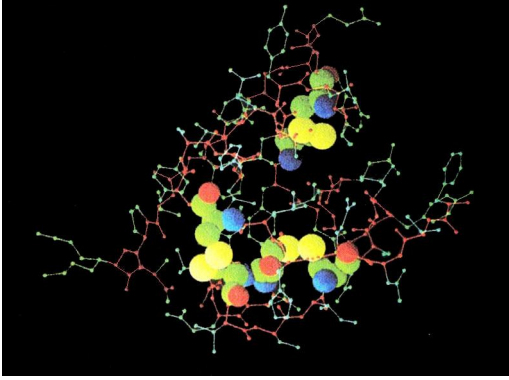



그림 4-27. 단백질분자의 구조모형

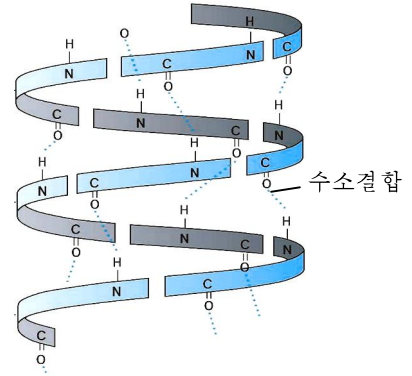



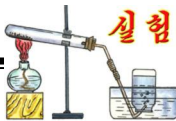
그림 4-28. 타래모양의 폴리펩티드사슬

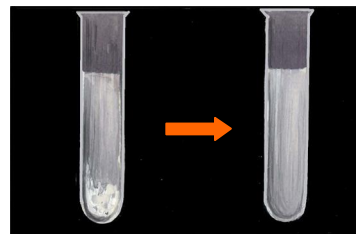
단백질의 성질

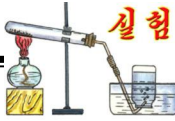
단백질을 태우면 털이 타는 냄새가 나는데 이것으로 단백질을 알아볼수 있다.

양털, 누에고치와 같은 섬유모양의 단백질을 내놓고 거의 모든 단백질은 물에 용해된다.

단백질을 용매에 풀면 끈기있는 액체로 된다. 동물의 가죽을 끓이면 젤라틴이라고 하는 갖풀이 얻어지는데 이것도 단백질이다. 젤라틴은 사진재료, 점착제로 쓰인다.

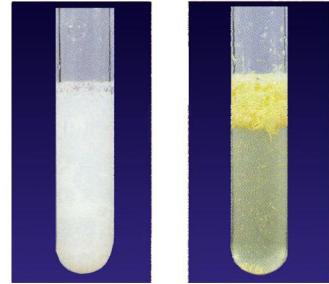
염 석

단백질의 염석

알단백질수용액이 들어있는 시험관에 천천히 포화$(NH_4)_2SO_4$용액 혹은 Na_2SO_4용액을 넣는다. 침전물이 생기는것을 관찰한다. 침전물이 있는 액체를 증류수가 들어있는 시험관에 넣는다. 침전물이 용해되는것을 관찰한다.

단백질용액에 짙은 무기염(**례:** $(NH_4)_2SO_4$, Na_2SO_4 등)용액을 넣으면 단백질이 응결되여 용액으로부터 석출된다. 이러한 현상을 **염석**이라고 부른다. 이러한 형태로 석출된 단백질은 물에 용해될수 있으며 원래 단백질의 성질과 차이가 없다. 그러므로 염석과정은 대체로 가역과정이다. 이런 성질을 리용하여 염석을 여러번 적용하여 단백질을 순수하게 분리해낼수 있다.

변 성

단백질의 응결

2개의 시험관에 각각 3mL의 알단백질수용액을 넣는다. 1개의 시험관은 가열하고 다른 시험관에는 적은 량의 초산연용액을 넣는다.

응결된 단백과 생성된 침전물을 각각 2개의 맑은 물이 든 시험관에 넣는다.

용해되는가를 관찰하여라.

단백질은 열을 받아 일정한 온도에 이르면 응고되며 x선, 초음파, 자외선과 같은 물리적작용과 센산, 센염기, 알콜, 포름알데히드와 같은 화학적작용하에서도 응고된다.

이러한 현상을 단백질의 **변성**이라고 부른다.

변성된 단백질은 본래의 상태로 되돌아오지 않는것이 많다.(비가역과정) 삶은 닭알이 생닭알상태로 되돌아오지 못하는것이 그 실례이다.

중금속(Hg, Cu, Pb)염 역시 단백질을 응고시킨다. 사람이 이러한 물질을 먹으면 중독된다. 그러므로 이러한 이온이 들어있는 공업페설물을 마구 버리지 말아야 하며 회수처리를 해야 한다.

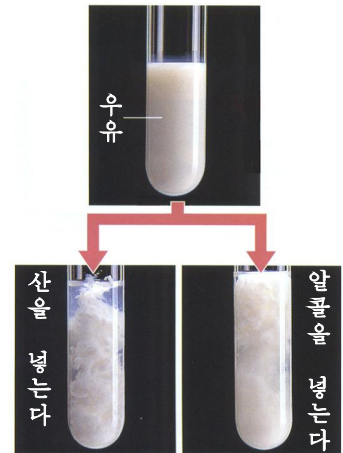



그림 4-29. 산과 알콜에 의한 단백질의 변성

? 왜 병원에서 주사기를 비롯한 의료용기구를 끓이거나 알콜용액에 담그거나 하는 방법으로 소독하는가?

? 왜 생물실험실에서 포름알데히드용액으로 동물표본을 보관하는가?

? 왜 농업에서 류산동과 소석회를 섞어서 만든 보르도액으로 병해충을 없애는가?

변성은 질서있게 배렬된 단백질의 공간구조가 파괴되기때문에 일어난다.(그림 4-30)

변성된 단백질은 소화효소가 작용하기 쉽고 체내에 쉽게 흡수된다.

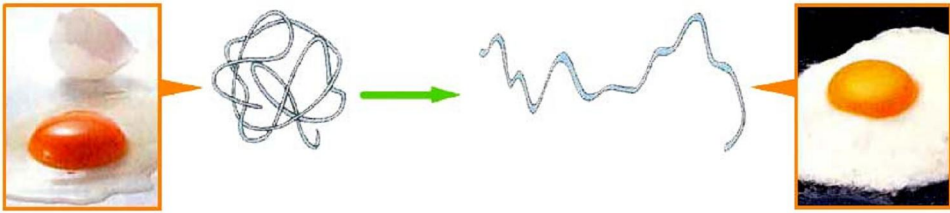
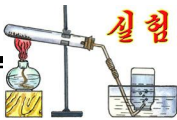



그림 4-30. 단백질의 변성

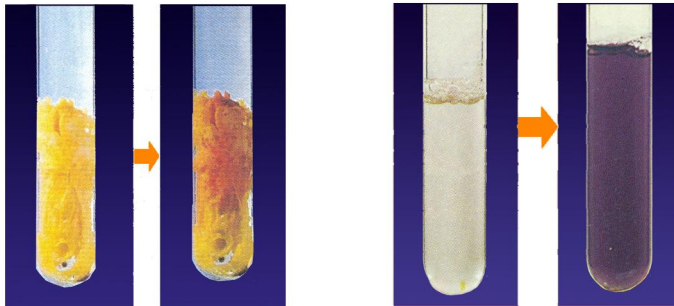
? 생활에서 단백질변성의 실례를 3~5가지 찾아보아라.

색반응

실험

단백질의 색반응

알단백질수용액을 두개의 시험관에 넣는다. 한 시험관에는 짙은 질산을 조금 넣고 약하게 열준다. 무슨 색이 나타나는가?

식힌 다음 가성소다용액을 몇방울 떨군다. 무슨 색이 나타나는가?

다른 시험관에는 가성소다용액을 넣고 묽은 류산동용액을 떨구어넣는다. 무슨 색이 나타나는가?

단백질에 질산을 작용시키면 처음에는 흰 침전물이 생기며 열을 주면 누런색으로 변한다. 이것이 알카리성매질에서는 붉은감색으로 변한다.

단백질은 알카리성매질에서 묽은 류산동용액과 반응하여 보라색을 나타낸다. 이 반응은 펩티드결합이 있기때문에 나타난다.

가수분해반응. 단백질도 산이나 알카리, 효소에 의하여 농마나 섬유소와 같이 가수분해된다. 이때 펩티드결합이 끊어지면서 여러가지 α-아미노산들이 생긴다.

여러가지 아미노산이 들어있어 구수하고 단맛을 내는 된장, 간장도 콩단백을 가수분해시켜 만든다.

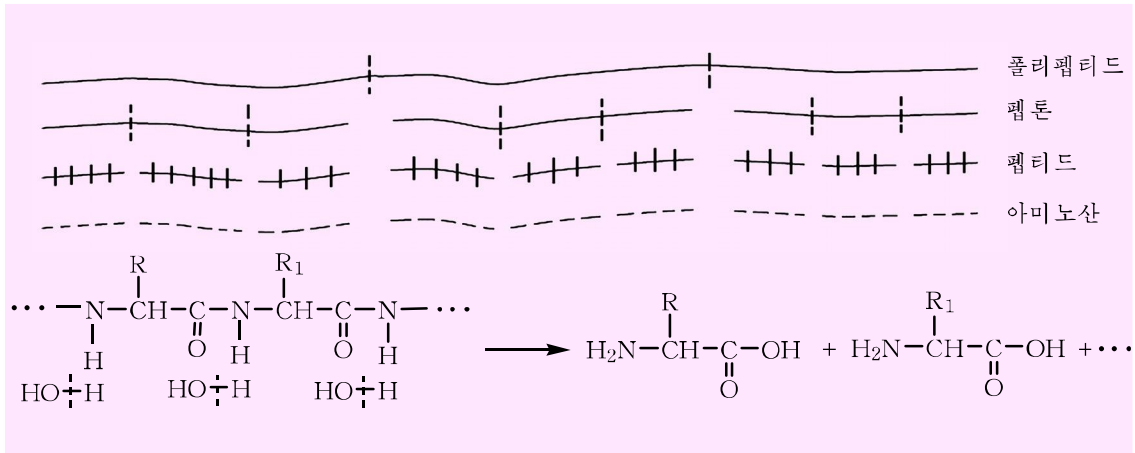



그림 4-31. 단백질의 가수분해

Ⓠ 돼지고기를 삶을 때 처음부터 끓는 물에 넣지 않고 찬물에 넣는것은 무엇때문인가?

장과 식생활

장은 우리 인민의 식생활에서 없어서는 안될 기초식품의 하나이다.

콩의 원산지인 우리 나라에서 우리 선조들은 오랜 옛날부터 콩을 널리 재배하였고 콩으로 두부를 만들고 장을 담그었다.

장에는 아미노산뿐만아니라 비타민 B_1, B_2, A, PP 등이 들어있으며 소금과 칼시움, 칼리움, 마그네시움의 염들도 들어있다. 그러므로 장은 양념감으로뿐아니라 여러가지 영양물질을 보충해주는 식료품이다.

지금은 콩으로만이 아니라 농마를 분해시켜 만드는 장생산방법도 도입되고있다.

우리 나라 고추장은 세계적으로 이름난 식품이다.

닭알흰자위용액에 초산을 넣어보아라. 어떻게 되는가?
우유에 알콜을 넣어보아라. 어떻게 되는가?

단백질의 리용

단백질은 사람에게 필요한 영양물질이다.

인체의 주요물질함량 표 4-5

물질	몸질량에서 차지하는 몫/%
단백질	15~18
기름	10~15
당류	1~2
무기염	3~4
물	55~67
그외	1

어른은 로동의 강도, 성별, 나이에 따라 차이는 있으나 매일 대략 75~100g의 단백질을 섭취해야 한다. 그래야 건강과 생리기능을 만족시킨다.

사람의 위에서는 위액과 단백질분해효소(펩신, 트립신, 키모트립신, 펩티다제)에 의하여 단백질이 가수분해되여 아미노산으로 된다. 흡수된 아미노산은 사람에게 필요되는 각종 단백질을 다시 합성하거나 에네르기의 원천으로 된다.

표 4-3을 보면서 단백질 1g이 내는 열량과 당류 1g이 내는 열량을 비교해보아라.

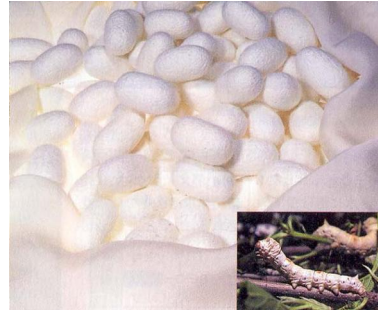
몸의 각 조직에서 단백질은 부단히 분해되며 마지막에는 뇨소로 되여 배설된다.

단백질은 또한 공업에서도 널리 쓰인다.

단백질이 주성분으로 되여있는 누에고치와 양털로는 비단과 모직천을 짜며 가죽으로는 물에 용해되지 않고 쉽게 부식되지 않는 물질로 만들어 유연하고 견고하게 가공하여 구두나 여러가지 가죽제품을 만든다.

동물의 뼈, 가죽 등을 끓여서 만든 단백질인 젤라틴은 접착제로 쓴다.

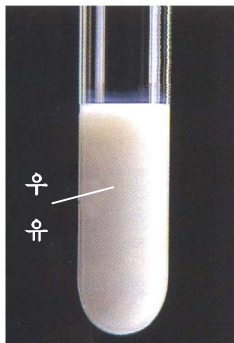
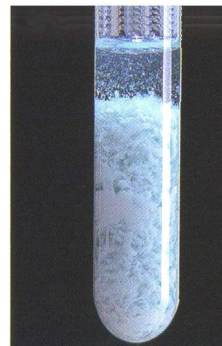
단백질섬유

양털이나 누에고치로 짠 섬유는 **단백질섬유**이다. 혹은 **동물섬유**라고도 부른다. 1개의 누에고치에서 약 1 500m의 실을 뽑을수 있다.

단백질을 화학적인 방법으로 만들수 없겠는가?
인슐린은 사람이 처음으로 구조를 밝히고 합성하는데 성공한 단백질이다.

? 동물섬유가 단백질로 이루어졌다는데로부터 그의 성질을 짐작해보아라.

참 고

중금속에 의한 중독을 단백질음식물로 해소

사람들이 중금속염류를 잘못 먹었을 때에는 많은 량의 우유, 닭알흰자위, 콩물을 먹어 해소시킬수 있다. 그것은 이러한 음식물에는 비교적 많은 단백질이 들어있으므로 중금속염류를 침전물로 만들어 몸밖으로 배출시킬수 있기때문이다. 그러므로 위장점막에 대한 중금속염류의 위험을 감소시키고 독성의 작용을 완화시킬수 있다.

중금속이온(Cu^{2+})을 넣는다

효 소

인체는 하나의 복잡한 《화학공장》이며 이 《화학공장》에서는 동시에 여러가지 화학반응이 배합되여 일어난다. 이 반응은 대단히 높은 속도로 진행되며 고온, 고압의 조건에서는 진행될수 없다.

또한 몸의 상태에 따라 자동적으로 조절되면서 진행된다. 이러한 생물체에서 진행되는 복잡한 신진대사반응에서 효소는 센 촉매작용을 한다.

효소는 pH와 온도에 매우 민감하며 효소마다 활성을 나타내는 pH와 온도가 있다. 또한 효소는 그 종류에 따라 자기에게 알맞는 물질에 대해서만 촉매작용을 한다.

실례로 단백질분해효소는 오직 단백질의 가수분해반응만을, 농마분해효소는 농마에 대해서만 촉매작용을 한다.

ⓘ 열이 나거나 항생제주사를 맞는 환자는 왜 식사를 못하게 되는가?

공업적으로 대량 사용하는 효모는 미생물발효를 통하여 얻는다.

표 4-6에 몇가지 효소의 례와 기능을 주었다.

효소의 례와 기능 표 4-6

이름	기능(반응물 ⟶ 생성물)	들어있는 곳
아밀라제	전분 ⟶ 맥아당	타액, 취액, 보리싹
말타제	맥아당 ⟶ 포도당	장액, 타액, 취액, 보리싹
인베르타제	사탕 ⟶ 포도당, 과당	장액, 효모, 곰팽이, 식물
리파제	기름 ⟶ 지방산, 글리세린	취액, 위액, 식물
펩신	단백질 ⟶ 펩티드	위액
트립신	단백질 ⟶ 펩티드	취액
펩티타제	펩티드 ⟶ 아미노산	장액, 효모
카탈라제	과산화수소 ⟶ 산소, 물	혈액, 간장

※ **비타민**

비타민은 생명체에 있어서 신진대사를 조절하고 병을 예방하며 건강을 유지하는 역할을 하지만 직접 에네르기를 내거나 생명체의 구성성분으로는 되지 않는다. 그러므로 비타민이 부족되면 생명체의 성장발육에 지장을 받는다. 례를 들어 비타민 D가 부족하면 구루병이 온다.

비타민은 분자조성과 구조가 매우 복잡한 유기물질이다.

사람에게 요구되는 비타민의 량은 매우 적다.

대다수 비타민은 인체내에서 합성되지 못하고 음식물로부터 섭취하지 않으면 안된다.

여러가지 음식물중에는 각종 비타민이 들어있으므로 편식하지 말아야 한다.

음식물을 오래 끓이면 비타민이 파괴되거나 류실되므로 주의하여야 한다.

지금은 비타민을 인공적으로 합성하는 방법으로 만들어 리용함으로써 부족되는 비타민을 보충하고있다.

그림 4-32 . 비타민들이 많이 들어있는 과일과 남새

문 제

1. 아래의 과정가운데서 비가역적인것은 _____이다.

ㄱ) 단백질의 염석 ㄴ) 에스테르의 산촉매에 의한 가수분해

ㄷ) 단백질의 변성 ㄹ) 염화철의 가수분해

2. 단백질을 물속에서 석출시키고 또한 그의 성질을 그대로 보존하기 위하여 넣어야 할 물질은 _____이다.

ㄱ) 포화Na_2SO_4용액 ㄴ) 짙은 류산

ㄷ) 포름알데히드용액 ㄹ) $CuSO_4$용액

3. 어떤 단백질에 0.64%의 류황이 들어있다. 이 단백질분자에는 오직 2개의 류황원자가 있다는것을 발견하였다. 이 단백질의 상대분자질량을 구하여라. (**답.** 10 000)

4. 피단백질의 상대분자질량은 약 68 000이다. 그중 철원소가 0.33% 들어있다. 평균 매 피단백질분자중에 철원자가 몇개 들어있는가? (**답.** 4개)

5. 3개의 시험관에 각각 단백질, 아미노초산, 개미산용액이 들어있다. 어떻게 알아보겠는가?

6. 아래에 생활에서 흔히 보는 천연고분자화합물들이 있다. 주로 단백질을 포함하고 있는것은 _____, 주로 당류물질을 포함하고있는것은 _____이다.

ㄱ) 머리칼 ㄴ) 목재 ㄷ) 쌀음식 ㄹ) 소고기 ㅁ) 명주

ㅂ) 노란콩 ㅅ) 새알 ㅇ) 샘물 ㅈ) 알콜

장 종 합

당류, 기름, 단백질의 조성과 주요화학성질

종류	대표물질	화학식 및 구조식	주요화학성질
하나당	포도당	CH_2OH, O, OH	환원제적성질, 발효
	과당	CH_2OH, O, CH_2OH	발효
두당	사탕	CH_2OH, O, O, CH_2OH, O, CH_2OH	가수분해
	길금당	CH_2OH, O, O, CH_2OH, O, OH	환원제적성질, 가수분해
여러당	농마	n개 α 포도당축합	농마-요드반응, 가수분해
	섬유소	n개 β 포도당축합	산과 반응→에스테르, 가수분해
기름		$H_2C-O-C(=O)-R$ $HC-O-C(=O)-R'$ $H_2C-O-C(=O)-R''$	산화→부패변질, 수소부가→경화유, 가수분해(산, 알카리, 효소)
아미노산		$R-C(H)(NH_2)-COOH$	산, 염기와 반응, 축합→펩티드
단백질		$-C(=O)-NH-CHR_1-C(=O)-NH-CHR_2-$	변성, 염석 가수분해→아미노산 색반응: 질산→누런 침전물 류산동→보라색

복습문제

1. 포도당, 사탕, 길금당중에서 은거울반응을 일으키지 않는것은 _____이며 류산 촉매존재하에서 가수분해반응을 일으킬수 있는것은 ____과 ____이다.

2. 단백질, 농마, 기름은 3대영양물질이다. 이 3가지 물질이 가수분해될 때 생기는 최종생성물은 각각 단백질에서 ____, 농마에서 ____, 기름에서 ____이다.

3. 단백질용액에 포화NaCl용액을 넣어 단백질을 용액으로부터 석출시킬수 있다.
이러한 작용을 ____이라고 부른다.
단백질용액에 $HgCl_2$용액을 넣을 때 단백질은 ____되며 이러한 변화를 단백질의 ____이라고 부른다.

4. 단백질은 짙은 질산과 만나면 ____색을 나타낸다.
농마는 요드와 만나면 ____색으로 변한다.

5. 농마의 가수분해과정에 효소는 _____로서 작용하며 효소는 ____에 속한 물질이다.

6. 아래의 설명가운데서 틀린것은 (　)이다.

ㄱ) 보통 사탕과 농마는 모두 환원제적성질이 나타나지 않는다.

ㄴ) 섬유소분자는 포도당단위로 이루어져있으며 다가알콜의 성질을 나타낼수 있다.

ㄷ) 기름은 열에네르기가 가장 높은 영양물질이다.

ㄹ) 동염은 단백질의 염석을 일으키게 할수 있다.

7. 아래의 물질가운데서 가수분해의 마지막생성물이 포도당이 아닌것은 ( )이다.

ㄱ) 사탕　ㄴ) 농마　ㄷ) 섬유소　ㄹ) 기름

8. 아래의 물질가운데서 은거울반응을 일으키지 못하는것은 (　)이다.

ㄱ) 포름알데히드　ㄴ) 포도당　ㄷ) 사탕　ㄹ) 목화

9. 비누에 관한 아래의 설명에서 틀린것은 (　)이다.

ㄱ) 고급지방산나트리움염이다.

ㄴ) 기름을 비누화시켜 얻는다.

ㄷ) 옷에 묻은 때를 제거할수 있다.

ㄹ) 경수에서 세척능력이 강하다.

10. 단백질에 관한 아래의 설명에서 정확치 않은것은 (　)이다.

ㄱ) 단백질용액에 포화류산암모니움용액을 넣어 단백질을 석출시킨 다음 물을 넣어도 용해되지 않는다.

ㄴ) 중금속염류는 단백질을 응결시킬수 있으므로 중금속염류를 잘못 먹으면 사람이 중독될수 있다.

ㄷ) 짙은 질산이 피부에 묻으면 누렇게 되는데 이것은 짙은 질산과 단백질이 색반응을 하기때문이다.

11. 공업적으로 만드는 간장은 콩가루와 20%의 염산에 물을 첨가하고 가열하여 끓인 후 수십h 숙성하여 얻는다. 그리고 랭각시킨 액체에 포화$NaHCO_3$용액을 첨가한 후 교반하고 다시 색빼기조작을 거쳐 완성한다.

다음의 문장들가운데서 정확하지 않은것은 (　)이다.

ㄱ) 콩에는 단백질이 많이 포함되여있다. 염산을 첨가하고 가열하는것은 단백질의 가수분해를 빠르게 하기 위해서이다.

ㄴ) 단백질이 가수분해된 후에는 20여가지의 아미노산이 생길수 있다.

ㄷ) 가수분해후 포화$NaHCO_3$용액을 첨가하는것은 염산을 중화시키기 위해서이다.

ㄹ) 마지막으로 색을 없애기 위해 염소기체를 간장에 통과시킨다.

12. 어떤 단백질에 질소가 질량으로 15% 들어있다. 어떤 사람이 매일 25g의 뇨소를 배설한다면 매일 음식물로부터 받아들이는 단백질의 질량은 평균 얼마인가?

ㄱ) 106g　ㄴ) 90.7g　ㄷ) 77.8g　ㄹ) 66.9g

13. 80%의 농마를 포함하는 50t의 알곡으로 얼마의 포도당을 얻을수 있는가?(포도당의 거둠률은 85%로 보아라.) (**답.** 37.8t)

14. 어떤 유기물질에 탄소 32%, 수소 6.67%, 산소 42.66%, 질소 18.67% 들어있다. 그의 분자량은 75이다.

ㄱ) 그 분자식과 가능한 구조식을 써라.

ㄴ) 이 물질은 염산과 반응할수 있으며 또 에릴알콜과 반응하여 에스테르를 생성한다. 이 물질의 이름을 판단하여라.

15. 어떤 아미노산 0.735g을 취하여 원소분석을 진행하였다. 이 아미노산으로부터 표준조건에서 질소기체 56mL를 얻었다. 아미노산 1개 분자에는 1개의 질소원자가 포함되여있다. 0.147g의 아미노산을 물에 용해시켜 0.01㏖/L의 NaOH용액으로 적정할 때 200mL의 알카리가 소모되였다.

다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) 아미노산의 분자량은 얼마인가? (**답.** 147)

ㄴ) 아미노산에 들어있는 카르복실기의 수는 얼마인가?

ㄷ) 아미노산분자에서 탄소-탄소사이결합이 직선형일 때 가능한 구조식을 써라.

16. 콩가루 0.888g이 있다. 류산으로 콩가루의 단백질을 발효하여 암모니움염을 얻은 후 과잉의 알카리를 넣어 증류를 진행하였다. 이때 나온 암모니아를 0.213 3㏖/L 염산 20mL에 흡수시키고 나머지 산을 0.196 2㏖/L NaOH용액으로 적정하였다. 소비된 NaOH용액은 5.5mL이다. 콩가루중의 질소함량을 구하여라. (**답.** 5.02%)

17. 어떤 환자가 당뇨병환자인가를 알아내는 간단한 실험방법을 말하여라.

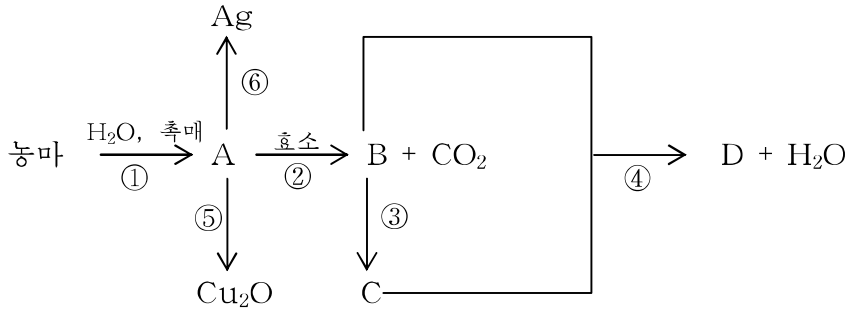
18. 과일에 농마가 있는가?

19. 글리세린, 농마, 단백질, 사탕용액이 4개의 시험관에 제가끔 들어있을 때 어떻게 알아보겠는가?

20. 우유가루, 쌀가루를 어떻게 가려보겠는가?

21. 비단실(견사)과 면실(면사)을 어떻게 가려보겠는가?

22. 포도당과 농마를 어떻게 가려보겠는가?

23. 아래의 도식을 보고 다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) A, B, C, D의 물질이름을 써라.

ㄴ) 화학방정식을 ① - ⑥의 순서로 써라.

합성고분자물질

고분자물질의 구조와 성질
합성수지
합성섬유
합성고무
고분자화합물용액

제5장. 합성고분자물질

지금까지 우리는 몇개 또는 몇십개의 원자들로 결합되여 그 분자량이 작은 저분자화합물과 농마, 섬유소, 단백질과 같이 분자량이 대단히 크며 자연에서 얻어지는 천연고분자화합물에 대하여 학습하였다.

이 장에서는 자연계에는 없으나 화학적인 방법으로 새롭게 만들어내는 합성고분자물질(합성수지, 합성섬유, 합성고무)의 구조와 성질, 만들기와 리용에 대하여 학습한다.

제1절. 고분자물질의 구조와 성질

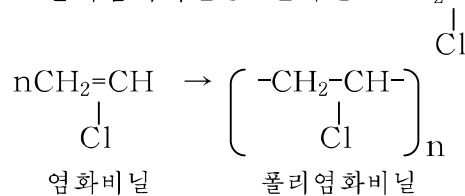
저분자물질에서와 같이 고분자물질의 성질도 구조와 밀접히 련관되여있다. 그러므로 고분자물질의 구조를 잘 알면 그의 성질을 알아낼수 있다.

고분자화합물의 조성과 구조

고분자는 수많은 원자들로 결합되여있지만 구조를 따져보면 일정한 원자단들이 반복배렬되여있다.

염화비닐을 중합하여 만든 폴리염화비닐은 원자단 $-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-$ 이 수많이 결합된 고분자이다.

$$nCH_2=\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}} \rightarrow \left(-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}- \right)_n$$

염화비닐 폴리염화비닐

고분자에서 간단히 반복되는 원자단을 **구조단위**라고 부르며 구조단위의 수 n을 **중합도**라고 부른다.

$$n = \frac{M_{r고}}{M_{r단위}}$$

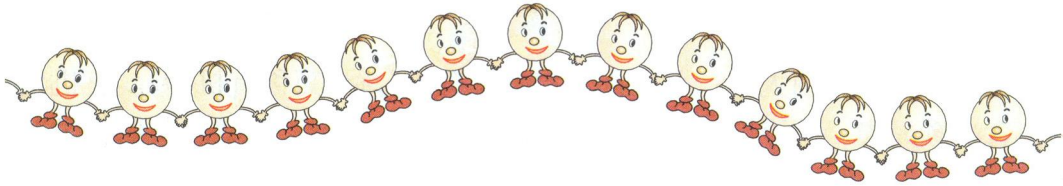
여기서 $M_{r고}$는 고분자화합물의 분자량이며 $M_{r단위}$는 구조단위의 화학식량이다.

고분자화합물(중합체)을 이루는데 참가한 출발물질을 **단량체**라고 부른다.

폴리염화비닐의 단량체는 염화비닐 $CH_2=\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}$이며 구조단위는 $-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-$ 이다.

고분자화합물은 구조단위들이 어떻게 결합되는가에 따라 여러가지 모양의 사슬구조를 가지게 된다.(그림 5-2)

그림 5-1. 폴리염화비닐분자모형

그림 5-2. 고분자화합물의 사슬구조

ⓘ 이미 배운 고분자화합물가운데서 실사슬로 이루어진 물질, 가지사슬로 이루어진 물질의 실례를 찾아보아라.

고분자화합물의 특징

고분자화합물이 얻어지는 반응에서는 언제나 중합도 n이 서로 다른 고분자화합물들의 혼합물이 얻어진다. 그러므로 고분자화합물에서는 분자량이 작은 저분자에서와는 달리 분자량을 평균분자량으로 나타낸다.

례를 들어 섬유소의 분자량(평균분자량)은 목화에서는 약 30만~50만, 종이에서는 약 10만정도로 본다.

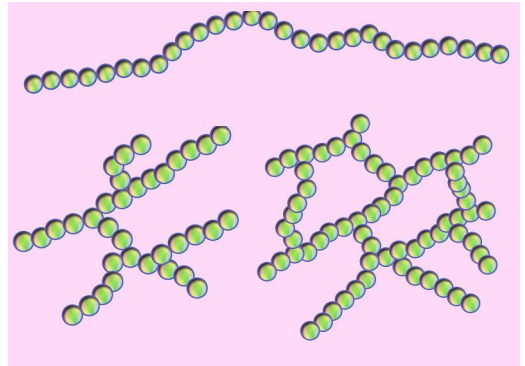
고분자물질은 명확한 녹음점이 없이 상당히 넓은 온도범위를 거쳐 고체로부터 액체로 변한다. 이때 만문해져 변형되기 시작하는 온도(연화점)를 녹음점대신에 리용한다.

ⓘ 왜 고분자물질에서는 명확한 녹음점이 없겠는가?

고분자화합물은 분자가 매우 크고 그것들사이에 서로 작용하는 힘이 크다. 그러므로 저분자와는 다른 성질이 나타난다.

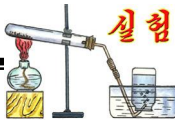
고분자화합물은 증발하지도 않고 거의 모두가 끓음점아래에서 분해되기때문에 증류할수도 없다. 그것은 고분자화합물분자들사이에 매우 센 힘이 작용하기때문에 하나하나 개별분자들로 떼여내기 힘든것과 관련된다.

고분자화합물의 성질은 사슬의 모양에도 크게 관계된다.

ⓘ 천연고분자물질가운데서 같은 물질이지만 사슬의 모양이 달라 성질이 다른 물질의 실례를 찾아보아라.

고분자화합물의 용해성

시험관 하나에는 농마가루 0.5g을 넣고 10mL의 뜨거운 물을 넣어 용해되는것을 관찰한다.

다른 시험관에는 생고무쪼각(혹은 고무풍선쪼각) 0.5g을 넣고 10mL의 휘발유를 넣는다. 용해되는가 되지 않는가를 관찰한다.

실사슬구조, 가지사슬구조로 이루어진 농마는 뜨거운 물에 천천히 용해된다. 이때 끈기있는 용액으로 된다. 그러나 그물구조의 고무는 쉽게 용해되지 않고 일정한 정도로 팽팽해진다.

실사슬구조를 가지는 고분자화합물의 열적특성

1개의 시험관에 폴리에틸렌알갱이 혹은 쪼각 3g을 넣고 알콜등으로 천천히 가열하면서 쪼각이 만문해지는것과 녹는 현상을 관찰한다. 녹은 다음에 분해되지 않게 인차 가열을 중지한다.

랭각되면 다시 고체로 되는것을 관찰하며 다시 천천히 가열한다.

이때 나타나는 현상을 관찰한다.

실험에서 보는것처럼 실사슬구조의 폴리에틸렌은 열을 받아 일정한 온도범위에서 만문해지기 시작하며 곧 액체로 된다. 녹은 폴리에틸렌은 랭각후에 고체로 되며 다시 가열하면 또 녹는다. 이 현상을 리용하여 박막을 비롯한 각종 형태의 제품을 만들게 되는것이다.

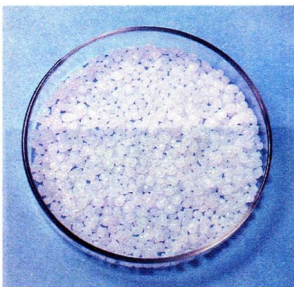



그림 5-3. 폴리에틸렌알갱이와 수지박막 및 수지제품

그물구조의 고분자물질은 보통 매우 굳으며 열을 주어도 녹지 않는다.

같은 단량체를 가지고 페놀수지를 만들 때에도 반응조건에 따라 실사슬구조의 노볼라크수지와 레졸수지가 생기는데 레졸수지에 열을 주면 그물구조로 넘어간다.

이 그물구조의 수지는 열을 주어도 녹지 않고 용매에 용해되지도 않는다.

이외에도 합성고분자화합물은 전기절연성이 좋은 특성이 있다. 그것은 고분자화합물이 원자들사이에 공유결합으로 이루어져있으므로 쉽게 전기를 통과시킬수 없기 때문이다.

※ 분자내에 2중결합을 많이 가지고있는 고분자로서 반도체에 근사한 성질을 가지고있는것도 있다.

또한 합성고분자화합물은 기름과 물에 안정하며 화학부식의 영향을 적게 받는다. 그러나 고분자화합물은 쉽게 연소되고 쉽게 로화되며 페설물이 된 다음에 분해되지 않아 환경오염을 일으키는 결함이 있다.

※ **로화**는 합성재료를 일정한 기간 사용한 결과 고무가 퇸성을 잃는다든가 수지가 가소성을 잃는것, 섬유의 세기가 약해지는것 등 본래의 성질이 약해지는 현상이라고 말할수 있다.

그러므로 고분자화합물의 구조를 개선하며 이것들의 중합과 가공을 개선하여야 한다.

고분자화합물은 어떻게 만들어지는가?

고분자화합물은 중합반응이나 중축합반응에 의하여 얻어진다.

? 에틸렌이나 염화비닐의 중합반응을 화학반응식으로 나타내여라. 이때 고분자의 화학조성과 단량체의 화학조성을 비교해보아라.

중합반응과는 달리 단량체들이 서로 반응할 때 분자량이 작은 물질(물, 암모니아, 염화수소 같은것)이 생기면서 고분자가 얻어지는 반응도 있다.

이러한 반응을 **중축합반응**이라고 부른다.

? 농마, 섬유소, 단백질은 어떻게 이루어졌는가?

고분자화합물에는 탄소원자를 중심으로 하여 이루어진 유기고분자화합물과 규소원자나 산소원자, 그외의 원자를 중심으로 하여 이루어진 무기고분자화합물이 있다.

고분자화합물이라고 하면 보통 유기고분자화합물을 말한다.

무기고분자화합물에는 이산화규소(수정), 운모, 장석, 비석(제올라이트), 다이야몬드(금강석), 흑연유리가 있으며 유기고분자화합물에는 농마, 섬유소, 단백질, 천연고무와 같은 천연고분자화합물과 합성수지, 합성섬유, 합성고무 등의 합성고분자화합물이 있다.

그림 5-4. 무기고분자화합물

문 제

1. 중합반응과 중축합반응은 어떻게 다른가?
2. 어떤 폴리염화비닐의 중합도는 2 000이다. 평균분자량을 구하여라. (**답.** 125 000)
3. 고분자화합물은 저분자화합물과 어떤 다른 점을 가지고있는가?
4. 사슬구조고분자와 그물구조고분자는 구조와 성질에서 어떤 차이가 있는가?
5. 구조단위와 단량체는 어떻게 다른가?

제2절. 합성수지

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《합성수지공업을 발전시켜 염화비닐수지를 비롯한 여러가지 합성수지를 많이 생산하며 가성소다와 탄산소다, 염산과 같은 기초화학제품과 물감, 칠감 같은것도 많이 생산하여 대주며 종이와 소금도 많이 생산보장하여야 합니다.》

경애하는 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에는 폴리염화비닐과 폴리에틸렌을 비롯한 여러가지 합성수지를 생산하는 현대적인 유기합성공업기지들이 튼튼히 꾸려졌으며 자체의 원료에 의거하는 자립적인 공업으로 더욱 발전하고있다.

옛날에는 공예품이나 장식품에 칠하는 고급칠감으로 보통 옻나무진을 써왔다. 송진이나 옻나무진처럼 자연에서 얻어지는 수지를 **천연수지**라고 부른다. 천연수지와 달리 화학적방법으로 만든 염화비닐수지 같은 고분자화합물을 **합성수지**라고 부른다.

합성수지는 금속, 나무, 고무, 유리, 가죽과 같은 물질을 대신하여 보기도 좋고 쓰기도 편리하며 값도 눅은 일용품을 만드는 좋은 재료로 쓰이고있다.

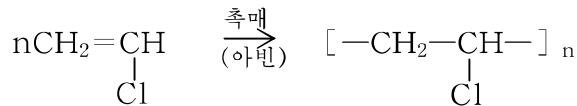
또한 건설, 기계, 수산업, 농업을 비롯한 인민경제 여러 부문과 국방에서 매우 널리 쓰인다.

특히 합성수지는 물, 공기, 화학약품에 잘 견디며 전기를 잘 통과시키지 않으므로 화학공업과 전력공업에서도 많이 쓰인다.

합성수지는 중합반응과 중축합반응에 의하여 만든다.

중합반응에 의하여 만드는 수지

염화비닐수지. 염화비닐수지는 단량체인 염화비닐을 물속에서 중합시켜 만든다.

$$nCH_2{=}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}} \xrightarrow[\text{(아빈)}]{\text{촉매}} [-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-]_n$$

단량체인 염화비닐은 방온도에서 기체이다.

압력을 주어 액체상태로 만든 염화비닐을 물과 촉매가 들어있는 중합가마에 넣고 50℃에서 반응시킨다. 작은 알갱이모양으로 된 중합물을 가마밑으로 뽑아 말리운다.

폴리염화비닐에 열을 주면 75~80℃에서 만문해지기 시작하여 점차 물렁물렁해지고 식으면 굳어지며 다시 열을 주면 또 물렁물렁해진다.

이런 수지를 **열가소성수지**라고 부른다.

중합반응에 의하여 만들어지는 수지는 거의 모두 실사슬구조를 가지고있으며 열가소성수지이다.

염화비닐수지의 가소성을 리용하여 여러가지 모양으로 가공할수 있다.

그림 5-5. 염화비닐 중합가마

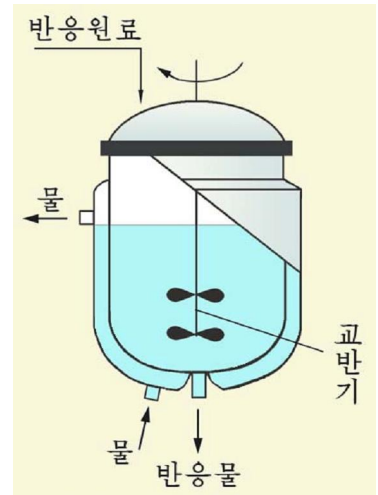
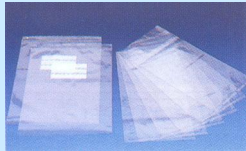
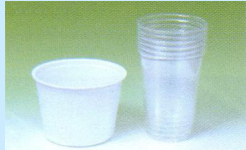
그러나 140℃이상으로 열을 주면 염화수소를 내면서 분해된다.

폴리염화비닐은 질기고 용매에 잘 용해되지 않으며 화학약품에 안정하다.

폴리염화비닐은 섞는 가소제(빗음성을 주는 물질)의 량에 따라 굳은 수지로 될수도 있고 무른 수지로 될수도 있다. 굳은 수지는 가소제를 넣지 않거나 10%가량 넣은것이다. 무른 수지는 가소제를 30~60%가량 넣은것이다.

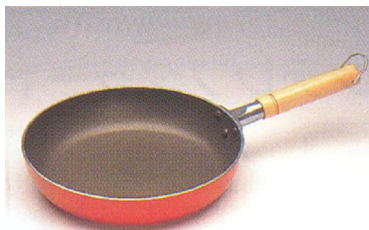
굳은 수지로는 관이나 판 같은것을 만들며 건축 및 전기자재, 가정용품과 같은 제품을 만든다.

무른 수지로는 비옷, 신발, 가방류, 박막 같은것들을 만든다.

중합반응에 의하여 만드는 수지가운데서 몇가지를 표 5-1에 주었다.

몇가지 중합형수지 표 5-1

이 름	단 량 체	중 합 체	성 질	용 도
폴리에틸렌	$CH_2=CH_2$	$\left[-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}- \right]_n$	유연하고 강하며 화학약품과 물에 안정하다. 가볍다.	박막, 관, 용기, 약품병, 절연재료
폴리프로필렌	$CH_2=CH-CH_3$	$\left[-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{CH_3}{C}}- \right]_n$	열에 잘 견디며 기계적강도가 좋다.	용 기
폴리초산비닐	$H_2C=CH-OCOCH_3$	$\left[-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{OCOCH_3}{C}}- \right]_n$	알콜, 아세톤에 용해되며 유연하다. 접착력이 크다.	접착체, 비날론의 원료, 염료, 껌
폴리스티롤	$H_2C=CH-C_6H_5$	$\left[-H_2C-\underset{C_6H_5}{CH}- \right]_n$	물에 잘 견디고 투명하며 빛음성이 좋다.	고주파전기절연재료, 투명용기, 발포단열재
폴리메타크릴산메틸에스테르(유기유리)	$H_2C=\overset{CH_3}{\underset{COOCH_3}{C}}$	$\left[-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{CH_3}{\underset{COOCH_3}{C}}- \right]_n$	투명하고 깨기 힘들다.	투명판, 비행기유리, 건축재료, 렌즈
폴리염화비닐리덴	$CH_2=CCl_2$	$\left[-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{Cl}{\underset{Cl}{C}}- \right]_n$	수분, 기체가 잘 통과하지 못하며 바다물, 바람, 비에 잘 견딘다.	포장재료, 물고기그물, 체육그물

불에 넣어도 타지 않는 테프론수지

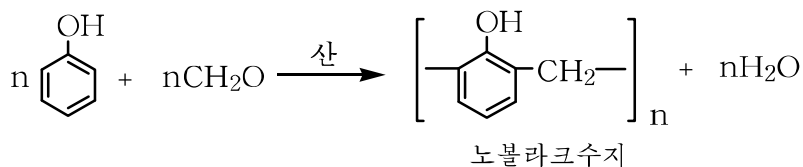
테프론수지는 폴리에틸렌과 꼭같은 사슬구조에 수소대신 불소가 자리를 잡고있다. 하지만 이 수지는 왕수마저 《머리를 숙이는》 희한한 성질을 가지고있다. 질은 질산이나 질은 류산에 넣어 300℃나 되게 가열해도 아무런 손상이 가지 않는다. 공기를 《얼구어》 액체로 넘길 정도로 추운 해왕성의 -180℃의 대기에서조차 자기의 탄성을 그대로 유지한다. 아무리 용해능력이 큰 유기용매에도 용해되지 않으며 불에 넣어도 타지 않는다. 그러므로 가정용지짐판이나 다리미밑판 재질로도 쓰인다.

중축합반응에 의하여 만드는 수지

페놀수지. 페놀수지는 페놀과 포름알데히드를 중축합시켜 만든다. 이때 단량체들의 비률(물질량비)과 촉매에 따라 성질이 다른 두 종류의 수지가 얻어질수 있다.

노볼라크수지만들기

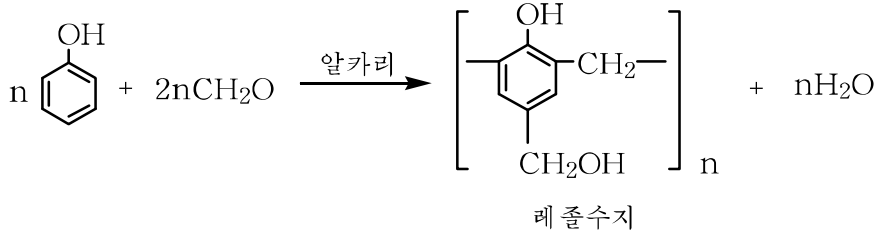
시험관에 페놀 2g, 포르말린 4mL, 질은 염산 0.5mL를 넣고 알콜등으로 몇min동안 열을 준다. 액체가 걸쭉해지면 시험관을 식힌다.

포르말린에 페놀을 많이 넣고 산(염산,…)을 촉매로 쓰면 실사슬구조의 수지가 얻어진다. 이 수지를 **노볼라크수지**라고 부른다.

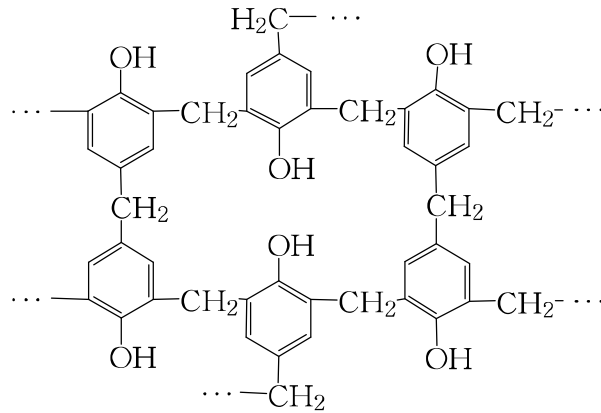
$$n\,C_6H_5OH + nCH_2O \xrightarrow{\text{산}} \left[-C_6H_3(OH)-CH_2-\right]_n + nH_2O$$

노볼라크수지

이 수지는 열가소성수지이며 알콜, 벤졸 등에 잘 용해된다. 노볼라크수지는 시험관에서도 쉽게 얻어진다.

페놀에 포르말린을 많이 넣고 알카리를 촉매로 쓰면 페놀분자의 *p*-자리에도 포름알데히드가 결합된 수지가 얻어진다. 이 수지를 **레졸수지**라고 부른다.

$$n\,C_6H_5OH + 2nCH_2O \xrightarrow{\text{알카리}} \left[-C_6H_2(OH)(CH_2OH)-CH_2- \right]_n + nH_2O$$

레졸수지

실사슬구조의 레졸수지는 용매에 용해된다. 그러므로 라크를 만드는데 쓰인다.

레졸수지는 가열하면 탈수축합되여 3차원 그물구조를 이루면서 굳어진다.

이렇게 굳어진 수지는 열을 주어도 녹지 않고 용매에 용해되지도 않는다.

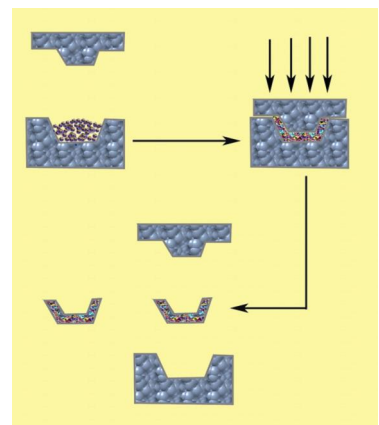
이런 수지를 **열경화성수지**라고 부른다.

중축합반응에 의하여 만들어지는 합성수지에는 열경화성수지가 많다.

페놀수지(노볼라크 또는 레졸수지)로 제품을 만들자면 수지에 채움감, 색감, 경화제(노볼라크수지를 쓸 때)를 넣고 가루로 만든 다음 이것을 일정한 형타에 넣고 열을 주면서 프레스로 눌러 만든다.

그림 5-6. 성형수지제품만들기

※ **채움감**은 수지를 적게 쓰고도 제품의 체적을 크게 하고 기계적성질을 좋게 하는 물질이다. 팔프, 천, 톱밥과 같은것이 많이 쓰인다.

경화제는 수지가 빨리 굳어지게 하는 물질이다.

레졸수지의 알콜용액에 팔프나 천, 종이를 잠그었다가 말리운 다음 여러겹으로 포개놓고 열을 주면서 프레스로 누르면 **베클라이트**가 얻어진다. 이것은 철보다 몇배나 가벼우면서도 굳다.

페놀수지로 만든 제품은 기계적성질이 좋고 열에 잘 견디며 전기절연성도 좋다. 그러므로 페놀수지는 기계부속품, 전기기구, 일용품을 만드는데 널리 쓰이며 특히 베클라이트판을 만드는데 많이 쓰인다.

페놀수지의 알콜용액은 칠감으로 쓰인다.

중축합반응에 의하여 만드는 수지가운데 몇가지를 표 5-2에 주었다.

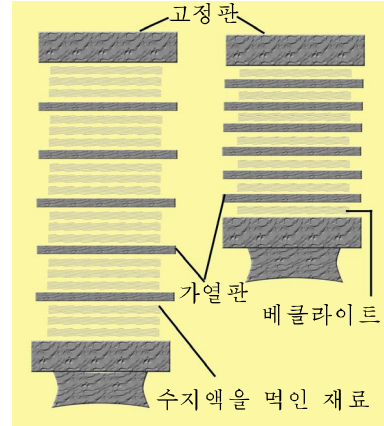



그림 5-7. 베클라이트판만들기

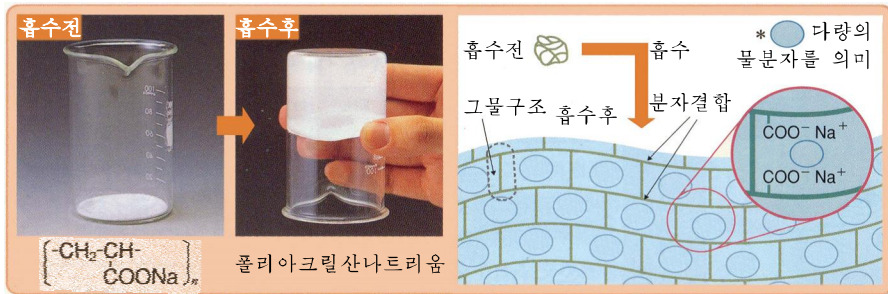
중축합반응에 의하여 만드는 수지 표 5-2

이름	단 량 체	중 합 체	성 질	리 용
뇨소수지	$O=C(NH_2)_2$ $H-\underset{\underset{O}{\Vert}}{C}-H$	$\left[\begin{matrix} NH-CH_2- \\ \vert \\ CO \\ \vert \\ -NH \end{matrix}\right]_n$	투명하고 착색이 쉽다. 열에 잘 견디며 접착성이 좋다.	음식그릇, 전기기구, 접착제, 잡화류
멜라민수지	$H_2N-C_3N_3(NH_2)-NH_2$ (트리아진고리) $H-\underset{\underset{O}{\Vert}}{C}-H$	$\left[\begin{matrix} -HN-C_3N_3-NH-CH_2- \\ \vert \\ -H_2C-HN \end{matrix}\right]_n$	투명하고 광택이 있으며 약품에 잘 견딘다.	음식그릇, 가구, 전기기구, 염료, 접착제
글리프탈수지	$C_6H_4(COOH)_2$ $H_2\underset{\underset{OH}{\vert}}{C}-\underset{\underset{OH}{\vert}}{\overset{H}{C}}-\underset{\underset{OH}{\vert}}{CH_2}$	$\left[-OC-C_6H_4-COO-CH_2-\underset{\underset{O}{\vert}}{CH}-CH_2-O-\right]_n$	접착성이 좋다.	염료, 접착제

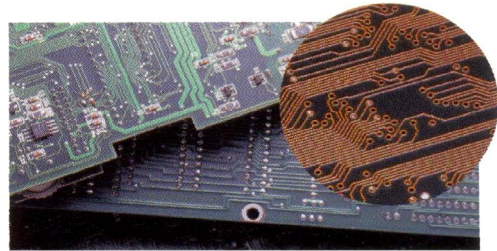
※ **공중합반응**–두 종류 혹은 그 이상의 단량체들을 함께 섞어서 중합시킬 때 얻어지는 중합물분자안에 두 종류 혹은 그 이상의 단량체가 구조단위로 포함되는 중합반응을 말한다.

특수한 기능을 가진 고분자

수지에는 그의 기능에 따라 고흡수성수지, 생분해성수지, 감광성수지, 전도성수지, 이온교환수지가 있다.

고흡수성수지는 짧은 시간에 다량의 물을 흡수하는 성질이 있으므로 습기조절제, 위생용품, 사막을 록화하는 토양보수재(물을 보존하는 재료)로 리용된다.

고흡수성수지

생분해성수지는 토양이나 물의 미생물에 의하여 분해되는 수지로서 외과수술용 봉합실 등에 리용된다.

생분해성수지

감광성수지

감광성수지는 강한 빛에 의하여 분자들사이에서 구조적변화가 일어나 중합도가 크게 되고 굳어지며 용매에도 녹지 않는 수지로서 신문, 잡지의 인쇄판, 집적회로의 배선기판, CD판, 인쇄잉크의 첨가제 등에 사용된다.

또한 분자내에 2중결합을 많이 가지고있는 수지에 할로겐을 적은 량 첨가함으로써 높은 전도성을 가지게 하여 고성능전지, 축전지 등에 리용하는 **전도성수지**가 있다.

이온교환수지에는 전해질용액속에서 H^+를 내고 다른 양이온과 결합하거나 또는 OH^-를 내고 다른 음이온과 결합할수 있는 립체그물구조의 불용해성합성수지도 있다.

문 제

1. 열가소성수지와 열경화성수지가 어떻게 다른가를 례를 들어 설명하여라.

2. 염화비닐수지는 아세틸렌을 기본원료로 하여 만든다. 폴리염화비닐 1t을 만드는데 표준조건에서 아세틸렌이 몇m^3 필요한가?(반응거둠률은 100%로 보아라.)

(**답.** 358.4m^3)

3. 폴리에틸렌수지를 10 000t 만들려면 0℃, 0.1MPa에서 에틸렌이 몇m^3 있어야 하는가?(반응거둠률은 100%로 본다.) (**답.** $8\times10^6 m^3$)

4. 불순물이 15% 섞인 카바이드 1t으로부터 염화비닐을 얼마나 만들수 있겠는가?

(**답.** 830㎏)

5. 빈칸에 알맞는 내용을 써넣어라.

페놀수지는 □과 □사이의 □반응을 통하여 얻어진다. 이 반응의 화학반응식은 □이다.

제3절. 합성섬유

우리가 흔히 다루는 섬유에는 천연섬유만이 아니라 화학섬유가 많으며 그가운데서도 특히 합성섬유가 대부분을 이룬다.

섬유소가 아닌 석회석과 무연탄, 원유와 같은 물질로부터 화학적방법으로 만든 화학섬유를 **합성섬유**라고 부른다.

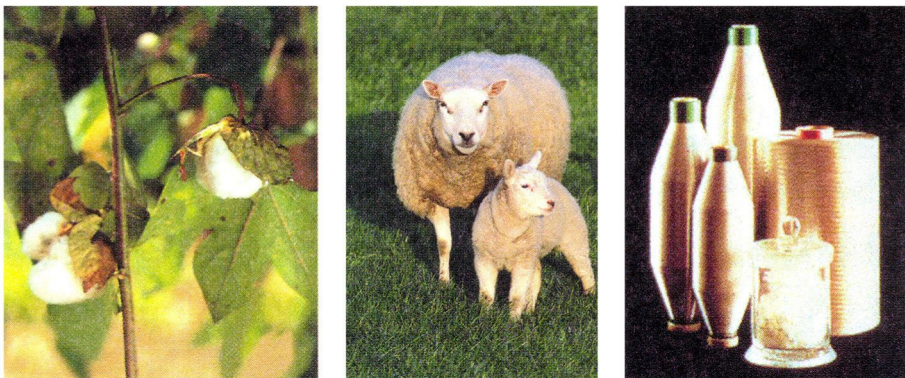



그림 5-8. 천연섬유(목화, 양털)와 합성섬유

섬유의 분류 표 5-3

섬유	천연섬유	식물섬유	례: 면, 마
		동물섬유	례: 명주, 양털
		광물성섬유	례: 돌솜
	화학섬유	재생섬유	례: 비스코스인조섬유
		반합성섬유	례: 초산섬유소
		합성섬유	례: 비날론, 아닐론, 데트론, 나이론

섬유는 어떤 성질을 가지고있는가?

생활에서 체험한것 혹은 실험과 자료조사의 방법으로 천연섬유(면, 양털, 견)와 합성섬유(비날론, 나이론, 데트론)의 성질에서의 차이점을 찾아보아라.

그리고 다음의 표에 적어넣어라.(표시는 《강, 약》으로 하여라.)

성 질		천연섬유			합성섬유		
		면	양털	견	비날론	나이론	데트론
물흡수성							
질김도							
화학시약에 대한 안정성	산						
	염기						
열에 대한 안정성							
염색성							
좀벌레에 대한 안정성							

섬유와 빨래

합성섬유는 열에 대한 안정성이 높지 못하므로 높은 온도에서 잘못 다루면 열변형을 받는다. 그러므로 면천은 삶아빨아도 되지만 나이론, 데트론을 비롯한 화학섬유는 삶아빨면 구겨지거나 수축되여 본래상태로 되기 힘들다. 만일 더운물로 빨았더라도 인차 찬물에서 헹구지 말아야 한다. 그것은 섬유짬에 끼여있던 때들이 떨어져나가기 전에 섬유에서 수축이 일어나 때가 그대로 끼여있게 되기때문이다. 이러한 현상은 흰 샤쯔나 속옷이 누렇게 되는데서 나타난다. 그러므로 40℃아래의 온도에서 빠는것이 좋다.

빨래할 때 지나치게 비비거나 힘을 주어 비틀지 말아야 한다.

말릴 때는 옷을 바람이 잘 통하는 서늘한 곳에 걸어놓아 해빛이 직접 쪼이지 않게 해야 한다.

합성섬유는 어떻게 만드는가?

합성섬유는 중합 또는 중축합반응에 의하여 실사슬고분자화합물을 만들고 그것을 녹이거나 일정한 용매에 용해시켜 방사하는 방법으로 만든다.

중합형합성섬유

대표적인 섬유는 비날론, 아닐론, 모비론 같은것들이다.

비날론

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《수령님께서는 청수화학공장에 비날론중간공장을 건설하여 시험생산을 하도록 하시고 장차 전쟁이 끝나면 큰 규모의 비날론공장을 건설할 원대한 구상을 무르익히시였습니다. 우리 과학자들에 의하여 발명되고 우리의 설계와 기술, 자재로 우리의 로동계급이 일떠세운 비날론공업의 력사는 이렇게 시작되였습니다.》

비날론은 경애하는 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리의 과학자에 의하여 발명되였으며 우리 나라의 원료에 의거하여 만들어진 주체섬유이다.

비날론은 우리 나라에 풍부한 석회석과 무연탄을 원료로 하여 생산한다.

비날론섬유를 만드는 고분자물질은 폴리비닐알콜이다. 폴리비닐알콜은 어떻게 만드는가?

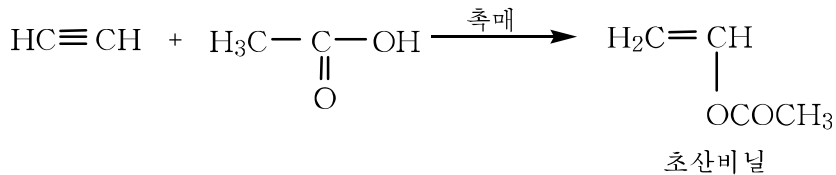
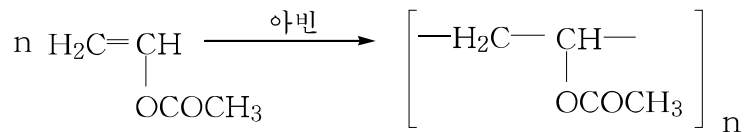
? 석회석으로부터 아세틸렌과 초산을 만들려면 어떻게 하여야 하는가? 화학방정식으로 나타내여라.

먼저 아세틸렌에 초산을 부가하여 초산비닐을 합성한다.

$$HC\equiv CH + H_3C-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH \xrightarrow{\text{촉매}} H_2C=\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH}$$

초산비닐

다음 초산비닐을 메타놀용액속에서 중합한다.

$$n\ H_2C=\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH} \xrightarrow{\text{아빈}} \left[-H_2C-\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH}-\right]_n$$

폴리초산비닐

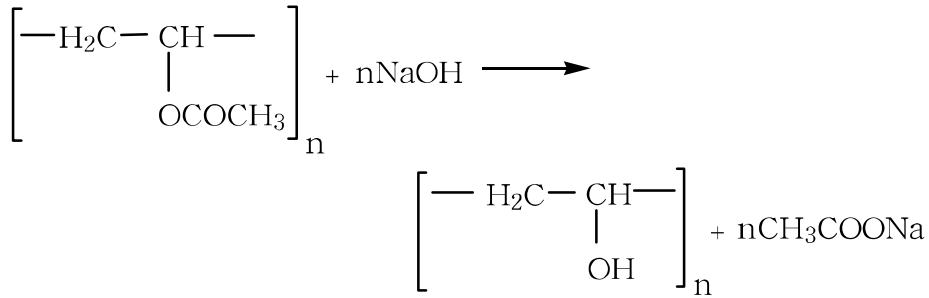
폴리초산비닐은 접착제로 많이 쓰인다.

폴리초산비닐은 구조로 보아 어느 물질부류에 속하는가? 어떤 반응이 가능한가?

폴리초산비닐은 알카리를 작용시키면 쉽게 비누화된다.

? 비누화반응이란 어떤 반응인가?

폴리초산비닐을 메타놀용액에서 수산화나트리움으로 비누화하여 폴리비닐알콜을 얻는다.

$$\left[-H_2C-\underset{\displaystyle OCOCH_3}{\underset{|}{CH}}- \right]_n + nNaOH \longrightarrow \left[-H_2C-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}- \right]_n + nCH_3COONa$$

폴리비닐알콜

폴리비닐알콜은 더운물에 잘 용해되는 흰 가루 또는 성긴 덩어리이다. 폴리비닐알콜을 90~100℃의 물에 용해시켜 14~15% 수용액으로 만들어 방사원액으로 쓴다. 이것을 류산나트리움을 기본성분으로 하는 응고액속에 방사하여 섬유띠를 얻는다.

※ 방사는 수평 혹은 수직법으로 한다.

이때 섬유의 열견딜성을 높이기 위하여 섬유를 200℃이상 되는 공기속으로 잡아늘군다. 이 과정에 고분자는 축방향으로 질서있게 배렬된다.

얻어진 폴리비닐알콜섬유는 구조단위마다에 친수성히드록실기가 있으므로 뜨거운 물에 용해된다. 따라서 섬유로 쓸수 없다. 그러므로 포르말린으로 처리하여 히드록실기 —OH를 없애면(전체 히드록실기의 약 60%가량) 뜨거운 물에도 잘 견디는 비날론섬유가 얻어진다.

$$\cdots -CH_2-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{HO}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-\cdots \quad \underset{\displaystyle \overset{\|}{CH_2}}{O} \xrightarrow{-H_2O}$$

$$\cdots -CH_2-\underset{|}{CH}-CH_2-\underset{|}{CH}-CH_2-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-\cdots$$
$$O-CH_2-O$$

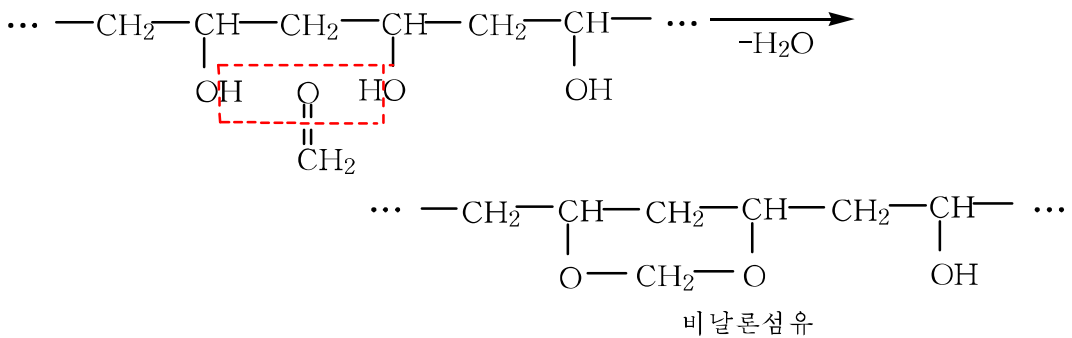
비날론섬유

비날론은 목화섬유나 인조섬유보다 훨씬 가볍고 매우 질기며 습기를 빠는 성질이 좋다. 순수한 비날론으로 혹은 인견, 면, 양털과 혼합하여 양복천, 뜨개옷, 내의류, 양말 같은것을 만든다. 비날론은 또한 산, 알카리, 바다물에 잘 견디므로 려과천, 천막, 고기그물, 바줄, 다이야나 벨트의 심줄을 만드는데 널리 쓰인다.

그림 5-9. 비날론바줄

1939년에 우리 나라의 리승기박사는 세계에서 처음으로 폴리비닐알콜을 기본원료로 하여 비날론을 발명하는 특출한 연구성과를 내놓았다. 비날론은 우리 나라 학자에 의하여 발명되였으나 당시 일제의 식민지통치밑에서는 그 제조기술을 완성하고 공업화할수 없었다.

경애하는 수령님의 품에 안겨 리승기박사는 전쟁의 불구름속에서도 그처럼 바라던 합성섬유의 공업화를 위한 연구를 계속할수 있었다. 경애하는 수령님께서는 비날론제품이 나오자 《비날론》이라고 우리 식의 이름도 지어주시고 대규모의 공업으로 발전하도록 손잡아 이끌어주시였다.

경애하는 수령님과 위대한 장군님의 따뜻한 사랑의 품속에서 리승기선생은 세계가 다 아는 과학자로 되였으며 생의 말년까지 많은 연구성과를 내놓았다.

어떤 구조를 가진 고분자물질이 섬유로 될수 있는가?

1. 분자량이 일정하게 커야 한다.
   다시말하여 중합도가 커야 좋은 섬유가 될수 있다.
   중합도가 섬유의 성질에 미치는 영향은 합성섬유보다 인조섬유에서 더 크다.
2. 긴 실사슬구조의 화합물이면서 가지가 없어야 한다.
   농마와 섬유소는 화학조성이 같지만 농마는 가지가 많아 분자사이의 호상작용이 섬유소에 비하여 매우 약하다. 그러므로 농마는 섬유원료로 될수 없다.
3. 고분자속에 극성기가 있거나 립체적으로 높은 규칙성을 가져야 한다.
   극성기가 있으면 분자사이힘이 강하여 섬유의 질이 좋아진다. 분자사이힘에서 중요한것은 수소결합이다. 비날론, 아닐론, 나이론 등에 들어있는 —OH, —CN, —CONH는 수소결합을 이룰수 있는 센 극성기이다.
4. 용매에 용해되거나 열을 줄 때 분해되지 않고 녹아야 한다.
   이런 물질이여야 방사할수 있다.

중축합형합성섬유

데트론. 데트론은 테레프탈산과 에틸렌글리콜을 중축합하여 데트론수지를 얻고 그것을 용융방사하여 만든 섬유이다.

$$n\ HOOC-C_6H_4-COOH + n\ CH_2(OH)-CH_2(OH) \xrightarrow{\text{중축합}}$$

테레프탈산   에틸렌글리콜

$$\left[-\underset{\|}{\overset{}{C}}(=O)-C_6H_4-C(=O)-O-CH_2-CH_2-O-\right]_n + 2nH_2O$$

데트론수지

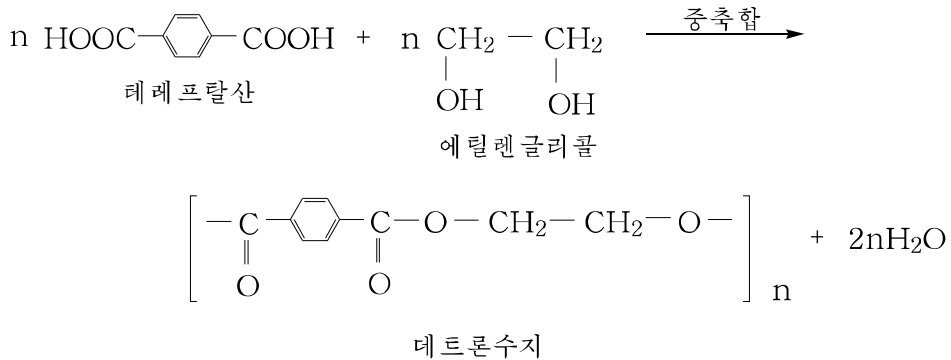



표 5-4에 몇가지 합성섬유를 주었다.

몇가지 합성섬유 표 5-4

구분	계렬	이름과 원료	단량체	중합체	방사방법	특징과 리용
중합형섬유	염화비닐계	모비론 (석회석, 무연탄)	$H_2C=CH-Cl$ 염화비닐	$[-CH_2-CH(Cl)-]_n$ 폴리염화비닐	용액방사	열에 좀 약하며 매우 안정하다. 이불솜, 담요, 털외투, 털모자
중합형섬유	아크릴니트릴계	아닐론 (원유, 석회석, 무연탄)	$H_2C=CH-CN$ 아크릴니트릴	$[-CH_2-CH(CN)-]_n$ 폴리아크릴니트릴	용액방사	양털과 비슷하다. 유연하고 보온성이 좋다. 열에 약간 세며 알카리에 좀 약하다. 양복, 쉐타, 외투, 목수건
중축합형섬유	에스테르계	데트론 (원유, 석탄)	$HOOC-C_6H_4-COOH$ 테레프탈산 $CH_2(OH)-CH_2(OH)$ 에틸렌글리콜	$[-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-O-CH_2-CH_2-O-]_n$ 폴리에틸렌테레프탈라트	용융방사	열에 세며 알카리에 좀 약하다. *m*-크레졸에 용해된다. 양복, 샤쯔, 벨트, 바줄, 그물
중축합형섬유	아미드계	나이론 (원유, 석탄)	$HOOC-(CH_2)_4-COOH$ 아디핀산 $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$ 헥사메틸렌디아민	$[-C(=O)-(CH_2)_4-C(=O)-N(H)-(CH_2)_6-N(H)-]_n$ 폴리아미드	용융방사	열에 약하며 산에 매우 약하다. 질기며 물감이 잘 든다. 뜨개옷, 양말, 고기그물, 바줄, 다이야심줄

※ **용액방사** — 고분자를 용매에 용해시켜 용액을 만들고 노즐을 통하여 응고액속에 내보내여 섬유를 만드는 방법.

용융방사 — 녹인 고분자화합물을 공기 또는 드문기체매질속에서 방사하여 식혀 고체로 변화시키고 섬유모양으로 만드는 방사방법.

섬유는 섬유종류에 따라서 불에 타는 상태와 냄새 그리고 재의 색갈과 형태가 고유한 특징을 가지고있다. 그러므로 섬유를 갈라보는 가장 간단하고 좋은 방법은 불태워보는 방법이다.(표 5-5)

여러가지 섬유를 태울 때의 변화표 표 5-5

섬유의 종류	불에 타는 상태	냄 새	재의 색갈과 형태
면	매우 빨리 타면서 누런 불꽃에 푸른색연기	종이 타는 냄새	재가 적게 생기고 연하며 연회색
양털	천천히 연기를 내고 거품을 내면서 불에 탄다.	머리칼을 태우는 역한 냄새	재가 많고 광택있는 검은색의 부스러지는 덩어리
누에실	천천히 타면서 덩어리로 엉긴다.	머리칼을 태우는 역한 냄새	재는 검은밤색의 작은 구로서 손가락으로 누르면 부스러진다.
비스코스 인조섬유	빨리 타면서 누런 불꽃을 낸다.	종이 타는 냄새	재가 적게 생기고 연회색 또는 회백색을 띤다.
비날론	천천히 타면서 빨리 줄어들고 불꽃은 흰색이고 밝다.	특수한 역한 냄새	재는 밤색의 굳은 덩어리, 손으로 비비면 부스러진다.
아닐론	녹으면서 천천히 탄다. 불꽃은 흰색이다.	비린 물고기냄새	재는 검은 원형이며 잘 부스러진다.
데트론	불에 타면서 줄어들고 녹으면서 연기를 낸다. 누런색불꽃이다.	방향족냄새	재는 검은밤색의 덩어리, 손으로 비비면 부스러진다.
나이론	녹으면서 천천히 불타며 연기는 색갈이 없거나 회색, 불꽃이 매우 작고 푸른색이다.	미나리냄새	재는 검은밤색덩어리, 잘 부스러진다.

섬유의 발전과 그 전망

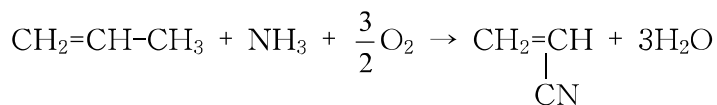
우주정복과 관련하여 1 200~1 500℃에서도 견디는 내열성탄소섬유, 규소섬유들이 생산되고있다. 또한 지혈, 썩음막이특성이 있는 의학용섬유, 일정한 시간이 지나면 물에 녹아 없어지는 수술봉합용섬유, 빛과 전기를 나르는 섬유, 불에 타지 않는 섬유, 자기 질량의 400배에 달하는 물을 흡수하는 섬유 등 특수섬유들이 많이 개발되고있다.

21세기의 섬유는 사람들의 생활과 건강에 더욱더 편리하게 발전하게 될것이다.

사람이 움직일 때 생기는 력학적에네르기나 주위의 빛을 가지고 전기를 일으키게 하는 섬유, 공기속의 병균이나 담배연기속의 독성물질을 제거하는 재간을 가진 섬유제품들도 개발되고있다. 옷의 색갈변화로 사람들에게 주위공기속의 독성물질오염정도나 방사선의 쪼임정도를 알려줌으로써 제때에 대책을 세울수 있게 하는 섬유도 연구되고있다.

문 제

1. 비스코스인조섬유, 목화, 아닐론, 양털, 비날론, 비단, 나이론중에서 천연섬유에 속하는것은 어느것이고 인조섬유에 속하는것은 어느것이며 합성섬유에 속하는것은 어느것인가?
2. 비날론은 어떻게 다른 합성섬유에 비하여 습기를 빠는 성질이 우세한가? 구조로부터 찾아보아라.
3. 화학섬유를 만드는데서 방사는 어떤 역할을 하는가?
4. 비날론을 만들 때 왜 포르말린처리를 해야 하는가?
5. 비날론 1t을 생산하는데 아세틸렌은 12℃, 5MPa에서 21.9㎥ 든다.
   비날론 10만t을 생산하자면 95%의 순도를 가지는 카바이드가 몇t 필요한가?
   (리상기체로 보고 계산하여라.) (**답.** 31만 5천t)
6. 우리 나라에서 만드는 아닐론섬유의 단량체는 프로필렌에 암모니아와 산소를 반응시켜 만든다.

$$CH_2{=}CH{-}CH_3 + NH_3 + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow \underset{\displaystyle \begin{array}{c}|\\ CN\end{array}}{CH_2{=}CH} + 3H_2O$$

   아닐론섬유 1만t을 생산하려면 프로필렌이 얼마나 있어야 하는가?
   (**답.** 7 924.5t)

제4절. 합성고무

경애하는 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라 원료자원에 기초한 합성고무공업기지를 튼튼히 꾸려 고무를 많이 생산하며 여러가지 고무가공제품생산을 늘일것이다.》

경애하는 수령님께서는 우리 나라 원료자원에 기초한 합성고무공업기지를 튼튼히 꾸려 늘어나는 고무에 대한 수요를 풀데 대한 구체적인 방도를 밝혀주시고 합성고무생산의 넓은 전망을 열어주시였다.

고무는 천연고무와 합성고무로 나눈다.

천연고무

천연고무는 어떤 물질이며 어떤 성질을 가지고있는가?

열대지방에서 자라는 고무나무에 흠집을 내면 젖모양의 진(라텍스)이 나온다. 이 고무나무진에 초산을 넣으면 튕성이 있는 물질이 엉겨나온다.

이것이 천연고무이다.

천연고무는 벤졸, 휘발유와 같은 용매에 잘 용해되여 끈기있는 용액으로 된다.

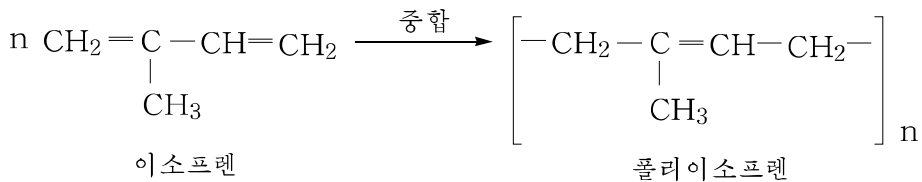
고무의 중요한 성질의 하나는 다른 고분자물질과 달리 좋은 튕성을 가지는것이다.

고무는 어떤 구조를 가졌기에 튕성을 가지는가?

천연고무를 건류하면 이소프렌이 얻어진다. 이것은 천연고무가 이소프렌으로 이루어져있다는것을 의미한다.

그림 5-10. 고무나무에서 진을 받는다

$$n\ CH_2{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{-}CH{=}CH_2 \xrightarrow{\text{중합}} \left[-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}{=}CH-CH_2-\right]_n$$

이소프렌 　　　　　 폴리이소프렌

천연고무는 이소프렌이 중합된 실사슬구조의 시스-1,4-폴리이소프렌이다.

분자량은 10만~100만이다.

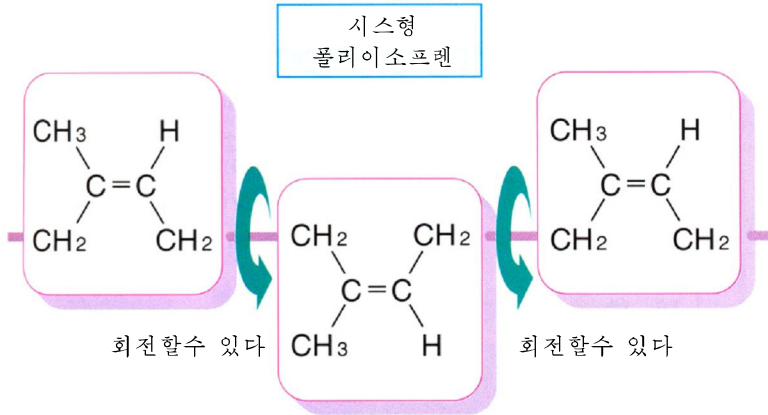



그림 5-11. 고무의 분자구조

고무의 고분자사슬은 분자안의 2중결합으로 하여 분자가 꼬불꼬불 구부러져있다. 힘을 주어 당기면 이 꼬불꼬불한 사슬이 곧추 펴지면서 고무가 쉽게 늘어난다.

힘을 주지 않으면 또다시 본래의 상태로 되돌아간다. 이런 성질이 고무의 튕성이다.

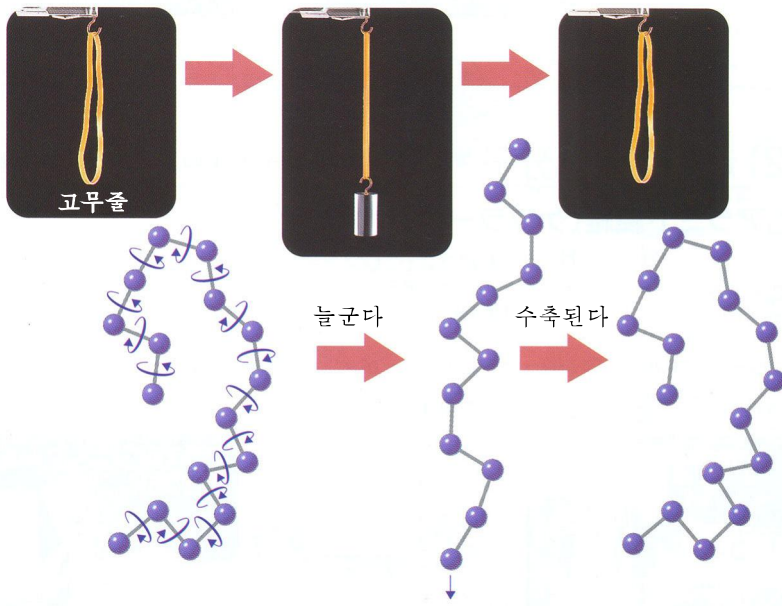



그림 5-12. 고무의 튕성

Ⓢ 섬유소는 긴사슬모양의 고분자화합물이지만 튕성이 거의 없다. 왜 그런가?

합성고무

천연고무의 구조가 밝혀지고 고무가 여러곳에 쓰이게 되자 사람들은 그것을 만들 시도를 하였다.

ⓘ 천연고무의 구조를 보고 어떤 물질로 고무를 만들수 있겠는가 생각해보아라.

이소프렌과 같은 공액디엔을 중합하면 튐성이 있는 고분자물질이 얻어진다.

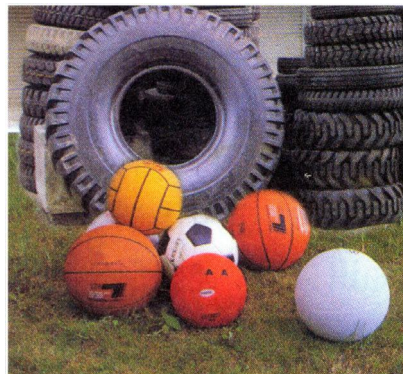
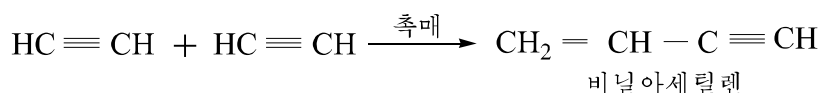
지금은 천연고무보다 더 좋은 여러가지 합성고무들이 생산되고있다.

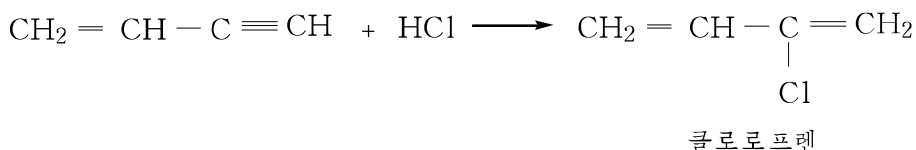
우리 나라에서 전망이 큰것은 카바이드를 기본원료로 하며 성질이 좋고 생산공정이 비교적 간단한 클로로프렌고무이다.

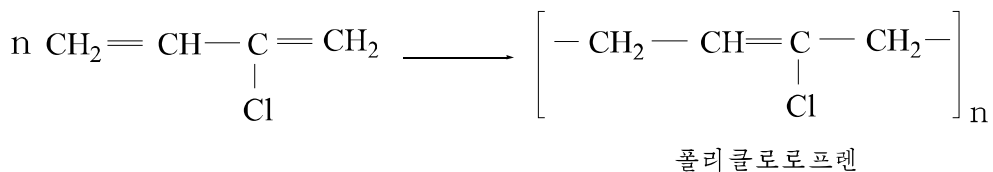
그림 5-13. 합성고무의 리용

클로로프렌고무는 다음과 같이 만든다.

아세틸렌 두 분자로부터 비닐아세틸렌을 만든다.

$$HC \equiv CH + HC \equiv CH \xrightarrow{\text{촉매}} \underset{\text{비닐아세틸렌}}{CH_2 = CH - C \equiv CH}$$

비닐아세틸렌에 염화수소를 부가시켜 클로로프렌을 만들어 단량체로 리용한다.

$$CH_2 = CH - C \equiv CH + HCl \longrightarrow \underset{\text{클로로프렌}}{CH_2 = CH - \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}} = CH_2}$$

이것을 중합하여 폴리클로로프렌(클로로프렌고무)을 얻는다.

$$n\, CH_2 = CH - \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}} = CH_2 \longrightarrow \underset{\text{폴리클로로프렌}}{\left[- CH_2 - CH = \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}} - CH_2 - \right]_n}$$

고무의 가류

화학적으로 가공하지 않은 천연고무와 합성고무를 통털어 **생고무**라고 부른다.

생고무에서는 실사슬구조를 가진 고분자들이 서로 떨어져있다.(그림 5-14 ㄱ)

ⓘ 실사슬구조를 가지는 고분자물질의 일반적인 성질은 무엇인가?

생고무에서는 분자사이에 작용하는 힘이 약하여 용매에 용해되며 온도가 변하면

퇸성을 잃는다. 또한 분자안에 다중결합이 있으므로 공기중의 산소에 의하여 이 부분이 천천히 산화되며 결과 고무가 점차 퇸성을 잃고 로화되는 성질이 있다.

이것을 막기 위하여 실사슬구조의 생고무에 류황을 섞어 가공한다.

이것을 **가류**라고 부른다.

생고무를 가류하면 류황원자가 2중결합의 자리에서 고분자사슬들사이에 다리결합을 만들면서 실사슬구조가 그물구조로 된다.(그림 5-14 ㄴ)

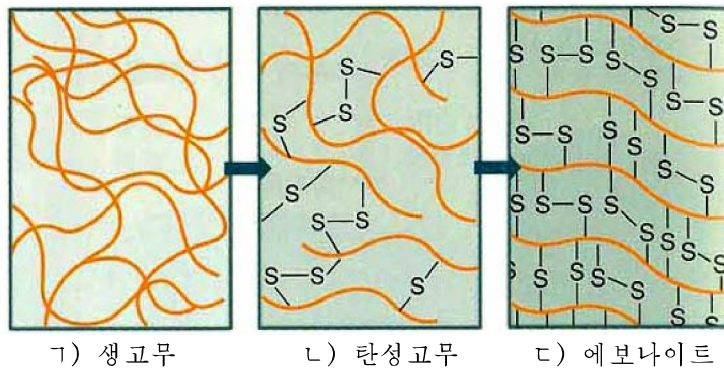



그림 5-14. 고무의 사슬구조와 가류에 의한 그물구조

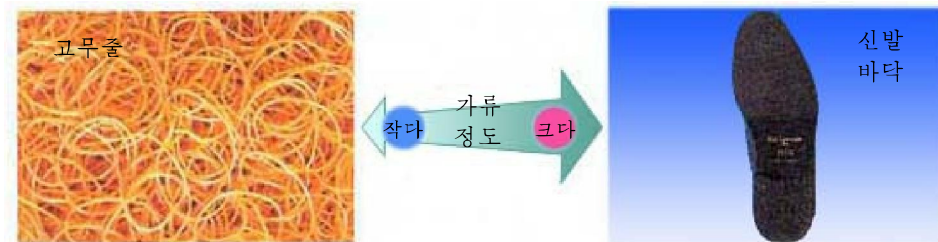



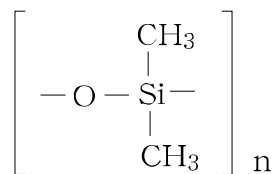
그림 5-15. 고무의 가류정도에 의한 변화

가류고무는 생고무보다 마찰(센 당김)에도 잘 닳지 않고 질기며 유기용매에도 잘 견딘다. 또한 공기나 빛의 영향을 받지 않고 오래동안 퇸성을 유지한다.

생고무에 40%까지의 류황을 섞고 가류하면 **에보나이트**(그림 5-14 ㄷ)라고 부르는 검은색의 굳은 물질이 얻어진다.

몇가지 합성고무를 표 5-6에 주었다.

이외에 실리콘고무도 있다.

$$\left[-O-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{Si}}}}- \right]_n$$

실리콘고무

이 고무는 열과 추위에 잘 견디며 전기절연성이 좋다. 또한 인체에 대한 영향이 적으므로 인공혈관을 비롯한 의료용재료로도 쓰인다.

불소고무 $[-CF_2-\underset{|\atop CH_3}{CH}-CH_2-CF_2-]_n$ 는 열과 약품, 기름에 잘 견딘다.

그러므로 자동차공업, 화학공업 등에 널리 리용된다.

합성고무는 인민경제 여러 부문과 국방공업, 우주개발을 위한 새로운 기술분야에도 필수적인 재료로 쓰이고있다.

몇가지 합성고무 표 5-6

이름	략칭	단량체	중합체	특징과 리용
클로로프렌고무	CR	$CH_2=CH-C(Cl)=CH_2$	$[-CH_2-CH=C(Cl)-CH_2-]_n$	열에 잘 견디고 태우기 힘들며 튐성이 좋고 잘 닳지 않으며 기름과 약품에 잘 견딘다. 다이야, 피대, 화학장치, 안붙임감, 바킹
이소프렌고무	IR	$CH_2=CH-C(CH_3)=CH_2$	$[-CH_2-CH=C(CH_3)-CH_2-]_n$	천연고무에 가깝다. 잘 닳지 않는다. 다이야, 피대, 신발, 전기피복선 등 일반용고무
부타디엔고무	BR	$CH_2=CH-CH=CH_2$	$[-CH_2-CH=CH-CH_2-]_n$	잘 닳지 않으며 추위에 잘 견딘다. 다이야, 벨트, 신발
아크릴니트릴-부타디엔고무	MBR	· $CH_2=CH-CN$ · $CH_2=CH-CH=CH_2$	$[-CH_2-CH(CN)-CH_2-CH=CH-CH_2-]_n$	열과 기름에 잘 견디며 잘 닳지 않으며 추위에 좀 약하다. 기름호수, 기름바킹
스티롤-부타디엔고무	SBR	· $C_6H_5-CH=CH_2$ · $CH_2=CH-CH=CH_2$	$[-CH(C_6H_5)-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_2-]_n$	열, 약품에 잘 견디며 잘 닳지 않으며 로화되기 힘들다. 다이야

문 제

1. 고무가 튐성을 가지는 까닭은 무엇인가?
2. 생고무보다 가류고무가 더 질기고 잘 닳지 않는것은 무엇때문인가?
3. 생고무도 실사슬구조의 고분자물질인데 왜 실로 뽑을수 없는가?
4. 고무를 잡아당기면 잘 늘어나는데 비날론은 그에 비하여 잘 늘어나지 않는다. 왜 그런가?
5. 클로로프렌 3만t을 만드는데 카바이드 몇t이 필요한가? 카바이드의 순도는 85%이다. (**답**. 51 000t)

제5절. 고분자화합물용액

고분자화합물용액과 그 특성

젤라틴을 물에 잠그어두거나 생고무를 벤졸에 잠그어두면 부풀면서 저절로 용해된다. 이 용액을 **고분자화합물용액**이라고 부른다.

이 용액에서 고분자의 크기는 1~10nm로서 콜로이드알갱이의 크기와 비슷하다.

그러므로 고분자화합물용액은 콜로이드용액과 비슷한 성질을 나타낸다.

콜로이드용액에서 나타나는 틴달현상과 전기영동이 고분자화합물용액에서도 그대로 나타난다. 그렇다고 하여 고분자화합물용액이 콜로이드용액과 꼭 같다고 할수는 없다. 왜 그런가?

콜로이드용액에서 콜로이드알갱이는 수천수만개의 분자나 이온들이 모여붙어 이루어진 알갱이로서 겉면을 가지고있다. 그러나 고분자화합물용액에서 고분자는 콜로이드알갱이와 크기는 비슷하지만 모여붙어 이루어진것이 아니라 개별분자상태로 하나하나 흩어져있기때문에 분자, 이온용액과 마찬가지로 겉면을 가지지 않는다.

※ **겉면**—서로 다른 모임상태 또는 서로 다른 물질들사이의 경계면을 말한다. 물, 얼음, 수증기가 함께 있다면 모임상태가 다른 물과 얼음, 물과 수증기, 얼음과 수증기사이의 경계면은 제가끔 겉면이다. 물속의 공기방울, 공기속의 액체방울, 물우에 뜬 기름사이의 경계면도 겉면이다.

? 고분자화합물용액은 콜로이드용액보다 안정하다. 왜 그런가?

고분자화합물용액의 성질

염석. 콩단백질용액을 가지고 두부를 만들 때 무엇을 넣고 응고시키는가? 그렇게 하면 왜 응고되는가?

물속에 용해되여있던 콩단백질은 서슬($MgCl_2$)을 넣으면 엉겨모인다. $MgCl_2$은 고분자화합물을 둘러싸고있던 용매분자를 자기 둘레에 끌어당겨 용매화막을 없애기때문에 콩단백질이 엉겨뭉치게 한다. 따라서 고분자물질이 갈라져나온다. 이와 같이 고분자화합물용액에 염을 많이 넣을 때 고분자물질이 엉겨뭉쳐 갈라져나오는 현상(염석)이 일어난다.

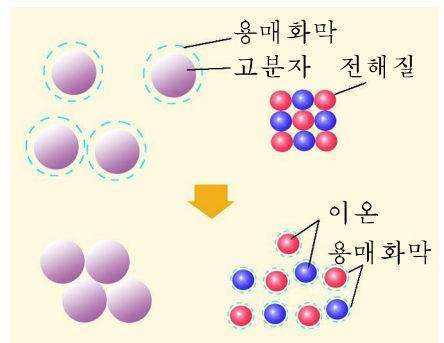



그림 5-16. 염석

? 어떤 염이 염석에 리용될수 있는가?

염석현상을 리용하여 고분자화합물용액에서 고분자물질을 갈라낼수 있다.

비날론, 인조섬유생산에서 방사공정, 비누, 색감을 만들 때 리용한다.

ⓘ 염석은 콜로이드용액에서 전해질에 의한 응결과 어떤 차이가 있는가?

묵화. 염석과는 달리 고분자화합물용액에서 용매가 그대로 존재하면서 고체와 같이 안정하게 한 덩어리로 뭉치는 일은 없겠는가?

고분자화합물용액을 가만히 놓아두면 전체가 한 덩어리로 뭉쳐 고체의 특성을 나타낸다. 이런 상태를 **묵상태(묵)**라고 부른다.

이것은 용액에서 고분자들사이에 결합이 생기기때문에 나타나는 현상이다.

이때 고분자물질들은 안정한 공간그물구조를 만들며 이 그물구조의 짬에 물분자들이 끼여들게 된다. 이런 과정을 **묵화**라고 부른다.(그림 5-17)

묵화는 저절로 일어날수도 있고 온도를 변화시키거나 졸일 때 그리고 전해질을 넣을 때에도 일어난다.

자연계의 생체물질들에는 묵의 특수한 형태들이 많다.

식물조직을 이루는 섬유소, 동물조직을 이루는 힘살, 삭뼈들은 본질에 있어서 묵의 특수한 형태이며 단묵을 비롯한 식료품들은 거의다 묵에 속하는 물질들이다.

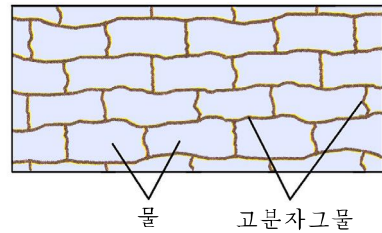



그림 5-17. 묵 화

※ 묵화에 참가한 물(결합수)은 보통의 물과는 달리 다른 물질을 용해시키는 능력이 작으며 -15℃의 온도에서도 얼지 않는다. 결합수는 젖먹이어린이에게는 70%, 늙은이들에게는 40%정도 존재한다고 한다.

투명수지판에 감광막을 입히는 과정도 묵화과정이며 가죽 및 털가공도 묵과 직접적으로 관련되여있다.

고분자물질의 보호작용. 고분자물질은 콜로이드용액을 안정화시키는 역할을 한다. 그것은 콜로이드용액에 적은 량의 고분자물질을 넣을 때 이 고분자들이 콜로이드알갱이를 둘러싸서 그것들이 서로 엉겨뭉치지 못하도록 하기때문이다. 이러한 작용을 콜로이드알갱이에 대한 **고분자물질의 보호작용**이라고 부른다.

고분자물질의 보호작용은 쓰이는데가 많다.

잉크에서 물감의 응결을 막기 위하여 덱스트린을 보호제로 쓰며 먹에서 그을음의 보호제로 젤라틴을 쓴다. 사진유제를 만들 때 할로겐

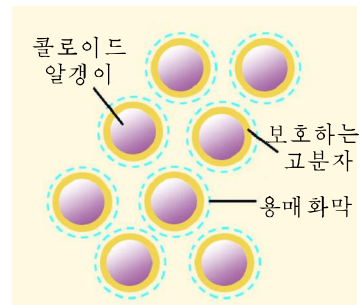



그림 5-18. 고분자물질의 보호작용

화은졸의 보호제로 젤라틴을 쓴다. 에스키모에 넣는 닭알, 찹쌀풀은 사탕과 얼음의 보호제이다.

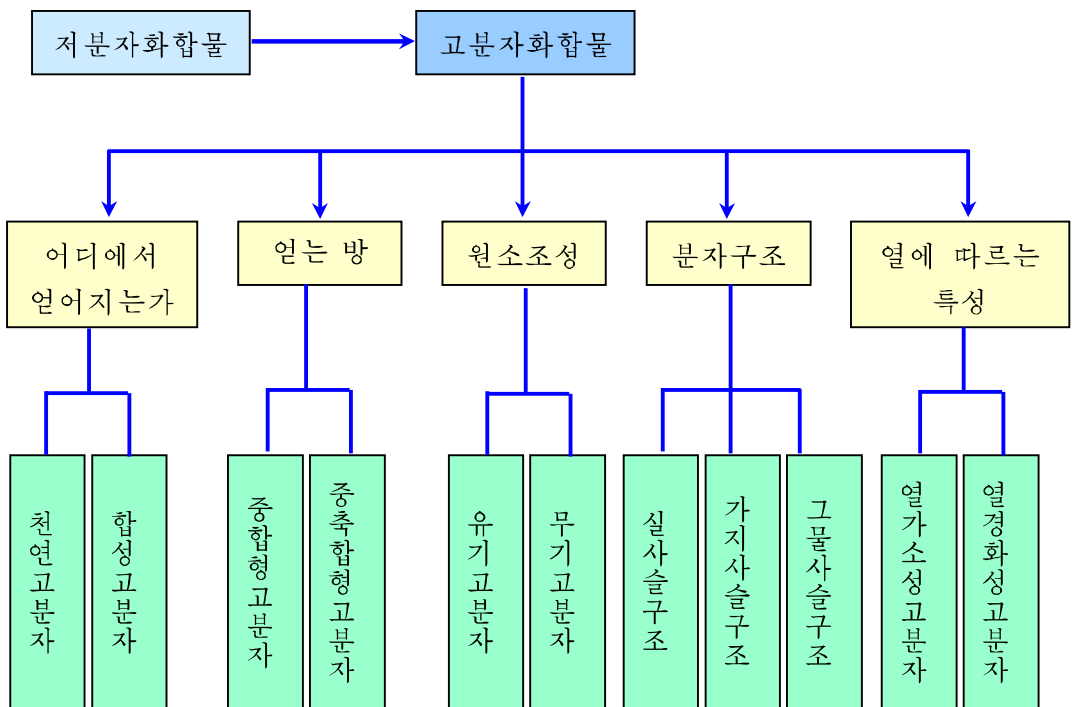
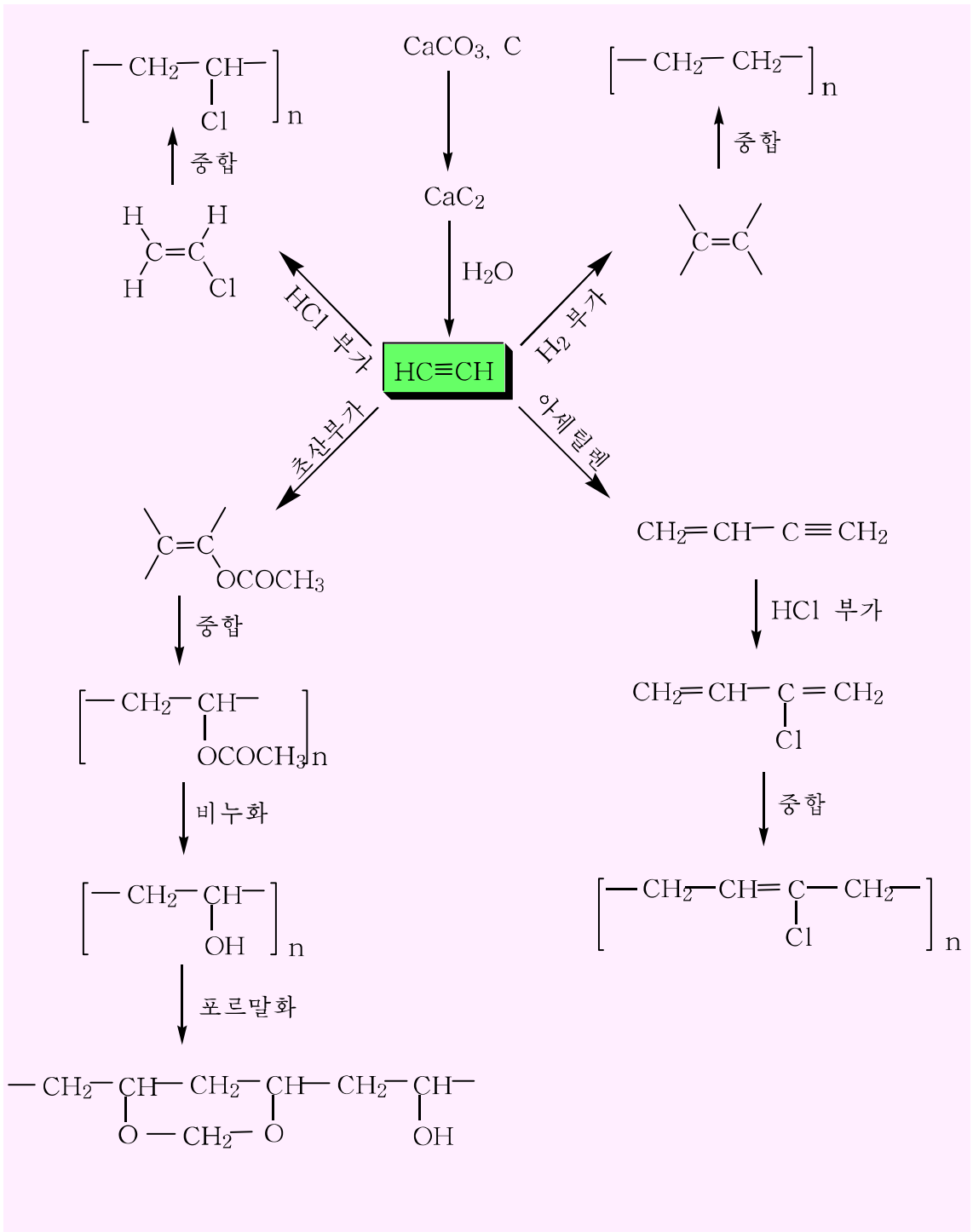
고분자물질의 보호작용은 생물체에서 진행되는 생리적과정에서도 중요한 역할을 한다. 피속에 들어있는 산소, 무기염 등은 피단백의 보호를 받는다.

ⓘ 소젖에는 물, 기름과 함께 카제인이라는 단백질이 섞여있다. 카제인은 어떤 역할을 하겠는가?

문 제

1. 고분자화합물용액은 콜로이드용액과 달리 어떤 특성을 가지고있는가?
2. 비누를 만들 때 짙은 비누용액에 많은 소금을 넣는다. 그 까닭을 말하여라.
3. 먹은 그을음에 젤라틴을 섞어 만든다. 젤라틴은 어떤 역할을 하는가?
4. 동식물체가 겨울에도 잘 얼지 않는 원인은 어디에 있는가?
5. 과자나 빵을 만들 때 넣는 소젖이나 닭알 흰자위는 어떤 역할을 하는가?

장 종 합

고분자화합물의 분류

아세틸렌에 기초한 고분자화합물의 합성

복습문제

1. 고분자화합물의 성질은 사슬모양에 따라 어떻게 달라지는가?

2. 석회석과 무연탄으로부터 폴리비닐알콜, 폴리염화비닐, 폴리클로로프렌을 얻는 과정을 화학반응식으로 써라.

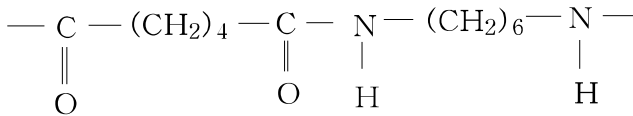
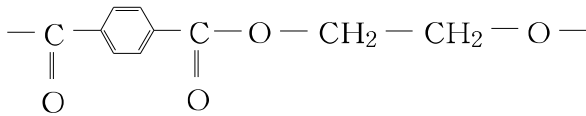
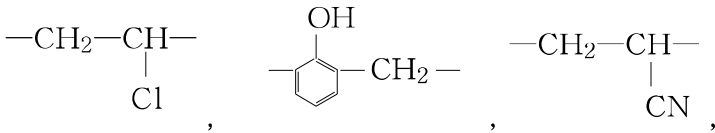
3. 어떤 흰색의 섬유제품이 명주 아니면 인조섬유라는것을 어떤 방법으로 알아볼수 있겠는가?

4. 다음과 같은 구조단위들이 있다.

$$-CH_2-CH_2-,\quad -CH_2-CH=CH-CH_2-,$$

$$-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-,\quad -C_6H_3(OH)-CH_2-,\quad -CH_2-\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}-,$$

$$-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-C_6H_4-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_2-O-,$$

$$-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-(CH_2)_4-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{N}}-(CH_2)_6-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{N}}-$$

ㄱ) 이 구조단위들로 이루어진 고분자화합물은 어떤것인가?

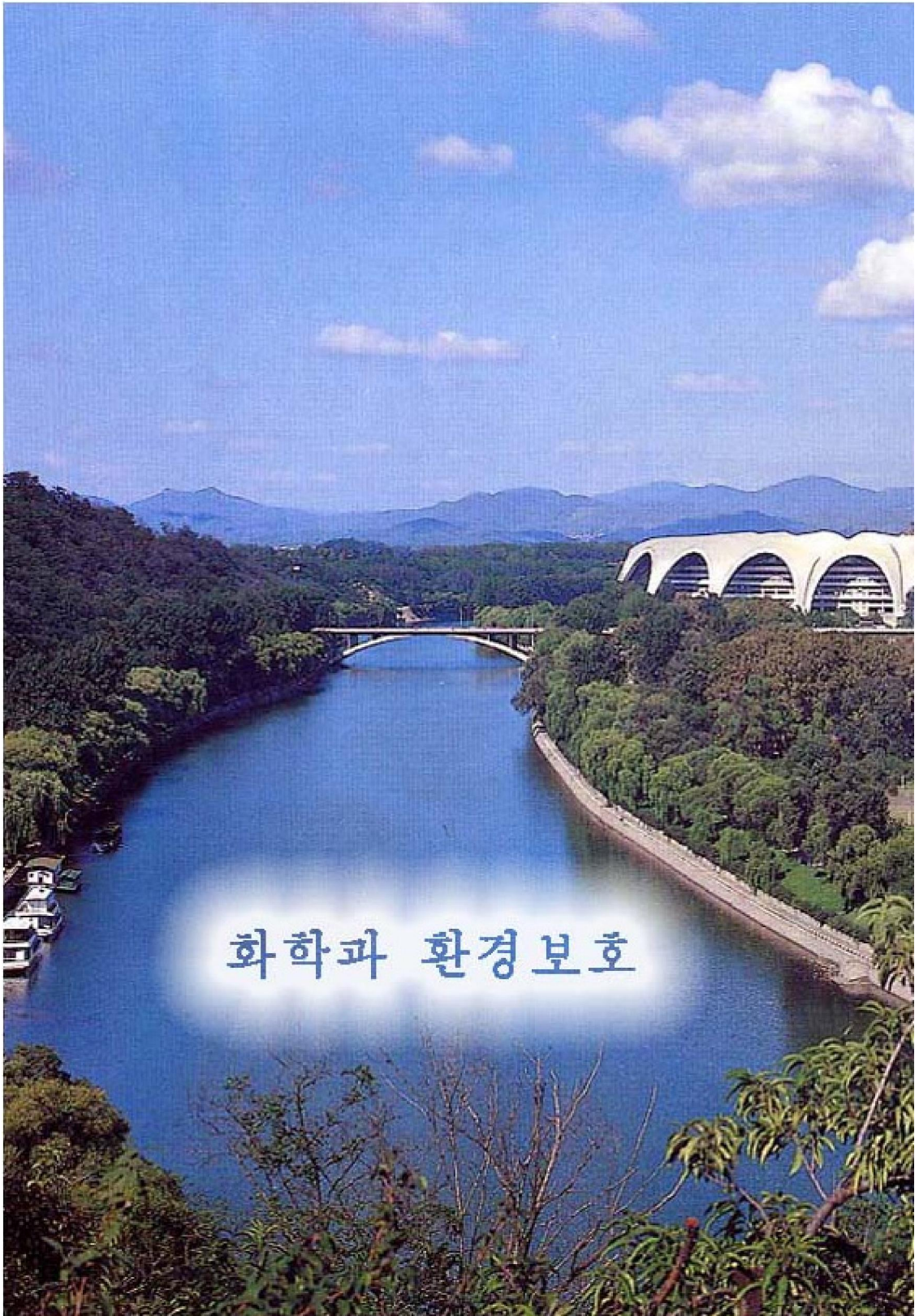
ㄴ) 이 구조단위들로 이루어진 고분자화합물들은 어떤 반응에 의하여 만들어지는가? 화학반응식을 써라.

ㄷ) 이 구조단위들로 이루어진 고분자화합물을 천연고분자화합물과 합성고분자화합물로 갈라보아라.

ㄹ) 수지, 섬유, 고무를 만드는 구조단위를 지적하여라.

5. 메타놀, 페놀, 초산, 포름알데히드, 포도당, 길금당, 아세틸렌, 프탈산, 테레프탈산, 글리세린, 에틸렌글리콜, 염화수소, 가성소다, 헥사메틸렌디아민, 아디핀산이 있다.

ㄱ) 우의 물질로부터 합성수지, 합성섬유, 합성고무가 얻어지는 과정을 화학반응식으로 나타내여라.

ㄴ) 매 물질들의 용도를 2가지이상 지적하여라.

화학과 환경보호

제6장. 화학과 환경보호

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리는 사소한 공해현상도 나타나지 않도록 하여야 합니다.》

경애하는 수령님과 위대한 장군님께서는 인민대중중심의 우리 식 사회주의제도하에서는 사람이 제일 귀중하다고 하시면서 인민들에게 맑고 깨끗한 환경을 마련해주시기 위하여 끊임없는 로고를 바쳐오시였다.

경애하는 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도밑에 오늘 우리 나라에서는 환경보호사업이 힘있게 벌어져 공해가 없는 나라, 맑고 깨끗한 나라로 온 세상에 빛을 뿌리고있다.

사람은 깨끗한 환경을 요구한다.

사람의 생활과 밀접히 련관되여있는 대기, 물, 토양, 생물은 환경의 중요한 구성부분이다. 그러나 여러가지 원인으로 공기와 물을 비롯한 환경이 오염되여 사람들의 생활에 나쁜 영향을 미친다.

환경이 오염되거나 파괴되면 그것을 본래상태로 되돌리는것이 매우 힘들며 많은 자금과 오랜 시간이 요구된다.

이 장에서는 자연환경을 파괴하는 기본원인과 환경보호문제에 대하여 학습한다.

대기오염과 그 대책

대기를 오염시키는 물질들에는 황사와 같은 먼지알갱이들과 일부 기체상태의 물질들이 있다.

황사현상은 고비사막과 몽골 알라이산줄기의 동쪽, 중국의 북서부와 몽골의 건조한 지역에서 부석부석한 누런 먼지가 세찬 바람에 휘날려 이동하는 현상이다.

그림 6-1. 황사발생지대의 일부

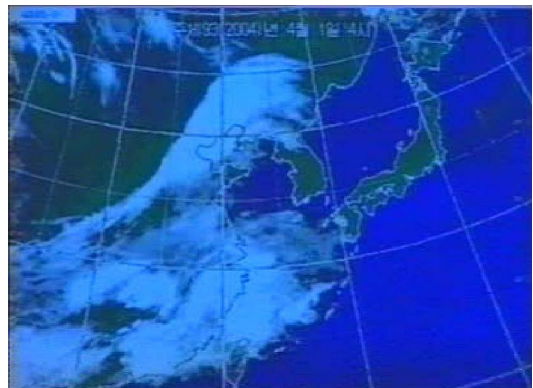



그림 6-2. 황사먼지의 이동

ⓘ 황사현상은 주로 어느 계절에 일어나는가?

황사발생지대에서 해마다 100만~300만t이상의 먼지가 바람에 실려 이동하는데 그중 10~30%가 우리 나라에 영향을 미친다.

황사먼지에는 Si, Al, Ni, Ca, Mg, Pb, Cd 등 20여종의 물질과 각종 세균, 비루스, 곰팽이가 포함되여있다.

황사현상이 일어나면 매우 작은 먼지알갱이들(10㎛이하)이 가라앉지 않고 대기중에 떠있게 된다.

그림 6-3. 황사현상때의 대기

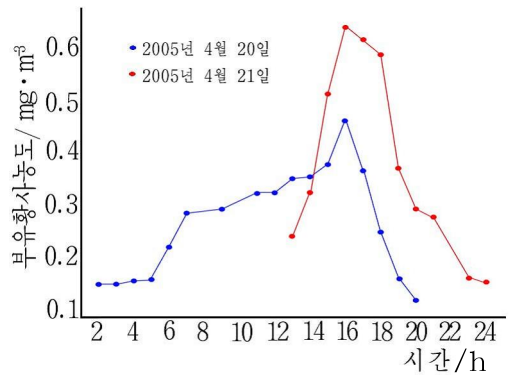



그림 6-4. 황사의 농도변화

우리 나라에 영향을 미친 황사현상의 실례를 그림 6-4, 표 6-1, 6-2에 주었다.

황사의 원소조성 표 6-1

원소	Al	Fe	Mg	Zn	Pb	Ni	Cu	Mn	Ca
농도/㎍·m^{-3}	7.97	3.68	1.21	0.27	0.325	0.428	0.122	0.168	1.89

가라앉은 황사의 조성 표 6-2

산화물	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO
함량/%	50.6	7.28	11.22	2.10	1.15

유해물질들에 오염된 10㎛이하의 먼지알갱이들은 기관지에 쉽게 들어가며 특히 0.02~1.0㎛인것은 폐포까지 도달하여 각종 기관지질병을 일으킨다. 또한 황사알갱이들이 눈과 피부를 자극하여 눈병, 피부병을 일으킨다.

※ 사람은 한번에 500mL정도의 공기를 들이쉬며 하루에 약 1만L($10m^3$)의 공기를 들이마신다.

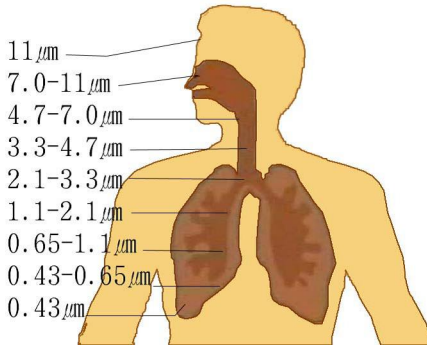



그림 6-5. 황사먼지가 호흡기에 미치는 영향

그림 6-6. 황사때의 외출

황사는 토양에도 나쁜 작용을 한다. 황사는 식물이 자라는데 유리한 암모니아화성균, 질소고정세균, 린분해세균 같은 미생물들의 활동을 억제하며 황사속에 들어있는 류산염, 질산염과 같은 산성물질들에 의해서 토양이 산성화된다. 또한 중금속에 의하여 토양이 오염되며 특히 황사속의 방사성물질에 의하여 지대가 오염된다.

경제의 급속한 발전과 산림을 마구 찍어내는 현상 특히 지구온난화현상은 앞으로 황사가 계속 일어나게 하는 원인으로 된다.

우리는 황사의 위험성을 잘 알고 황사로부터 건강을 보호하며 자연환경을 보호하기 위한 사업에 떨쳐나서야 한다.

NO_2, SO_2, CO는 대기를 오염시키는 기체상태의 물질들가운데서 전형적인것들이다.

Ⓘ SO_2이나 NO_2은 어떤 성질을 가진 산화물인가?

SO_2과 NO_2은 대기중에서 류산이나 질산으로 되여 산성비를 형성한다.

산성비는 사람들의 건강에 매우 해로운 작용을 하며 바다와 강하천을 오염시켜 물고기를 죽이고 바다생물의 성장과 번식에 나쁜 영향을 미친다.

산성비는 또한 토양을 산성화시켜 농작물과 산림의 성장을 파괴하며 력사유적유물, 예술작품, 기계설비 같은것을 부식시킨다.

산 성 비

비물의 pH는 보통 5.6이다. 일반적으로 pH가 5.6이하인 비를 **산성비**라고 한다. 어떤 산성비의 pH는 3.1이였다.

산성비물이 사람의 눈에 들어가면 아픔을 일으킨다.

그림 6-7. 대기오염

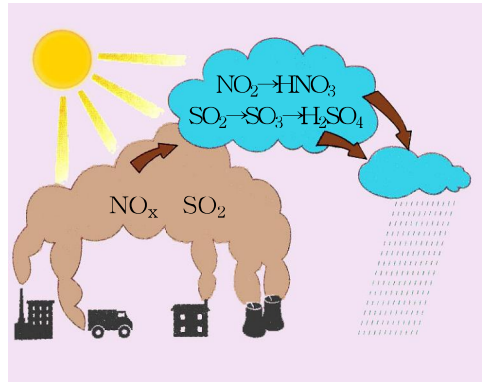



그림 6-8. 산성비의 형성

화학에서는 석탄, 원유와 같은 화석연료에서 류황을 제거하는 방법, SO_2을 회수리용하는 기술, 자동차배기가스의 청정촉매 등 여러가지 문제들을 연구하여 환경을 보호하여야 한다.

《지구의 페》- 산림

지구상의 식물은 매해 4×10^{11}t의 CO_2을 흡수하고 2×10^{11}t의 산소를 내보낸다. 산림속의 식물은 SO_2, 불화수소, 염소기체 등 유해가스를 제거할수 있다.

이산화류황은 유독성기체로서 대기중에 10mg/m^3정도 있어도 가슴이 두근거리고 호흡이 곤난하다.

산림은 SO_2을 흡수할뿐아니라 그것을 나무자체안의 아미노산성분으로 만들수 있다.

불화수소도 인체에 해로운 물질인데 사람이 불소함량이 높은 과일, 난알, 남새를 먹으면 중독성병을 일으킬수 있다.

많은 나무들이 대기속의 불화수소를 흡수할수 있다.

봇나무 1정보 11.8kg의 불소흡수

뽕나무 1정보 4.3kg의 불소흡수

수양버들 1정보 3.9kg의 불소흡수

산림은 또한 흡진기로도 작용한다.

나무잎에는 솜털이 많고 진을 많이 내보내므로 공기속의 각종 오염물질을 흡착할수 있다. 1정보의 산림은 36t의 먼지를 제거할수 있다.

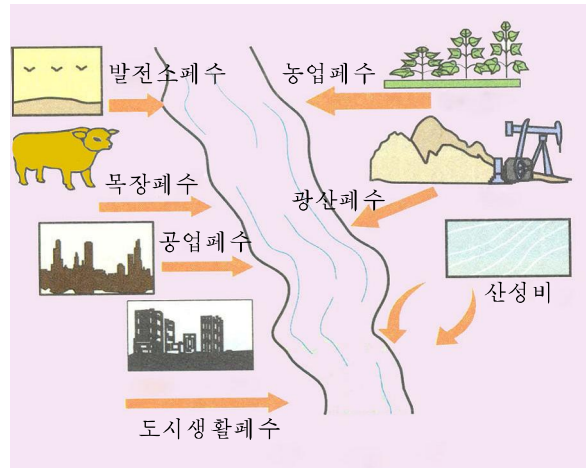
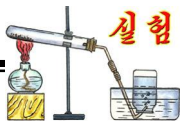
몇가지 대기오염물질과 그 원천 표 6-3

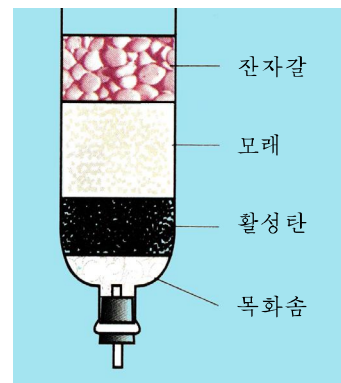
대기오염물질	주 요 원 천
SO_2	류황이 들어있는 연료의 연소, 류산생산배기가스
CO	화석연료의 불완전연소
NO_2	자동차, 뻐스 등 운수수단들에서 나오는 배기가스
먼지알갱이	연료의 불완전연소과정, 황사

물의 오염과 정화

물의 오염은 공업생산과정에 나오는 페수, 오물, 페가스와 생활오수를 강이나 바다에 마구 버린 결과에 생긴다. 또한 농업생산과정에 쓰는 농약, 화학비료가 비물과 함께 강에 들어가면 물이 오염된다. 오염된 물에는 여러가지 독성물질이나 병균이 있다. 사람이 오염된 물을 마시면 나쁜 질병에 걸릴수 있고 지어 생명까지 잃을수 있다. 공업과 농업에서 오염된 물을 쓰면 생산물의 질이 떨어진다. 그러므로 물자원을 보호하며 그 질을 개선하여야 한다.

그림 6-9. 물의 오염근원

오염된 물은 여러가지 방법으로 깨끗하게 할수 있다.

오염된 물의 정화

1. 오염된 물을 만든다.
   깨끗한 물에 염산, 잉크, 톱밥 같은것을 섞어넣는다.
2. 그림과 같은 장치에 목화솜, 활성탄, 모래, 잔자갈을 차례차례 넣는다.
3. 오염된 물의 pH를 잰다.
4. 오염된 물을 우의 장치에 통과시킨다.
5. 비커에 떨어지는 물의 상태를 관찰한다.(색, pH, 맑은 정도)

경애하는 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에는 곳곳에 오수정화장들이 훌륭히 꾸려져 오염된 물을 깨끗이 정화하여 내보냄으로써 인민들에게 깨끗한 환경을 마련해주고있다.

우리 나라의 물자원상태

우리 나라의 땅우에 1년동안에 떨어지는 총 물량은 약 220km[3]이나 된다.

이가운데서 약 88km[3]는 증발되고 나머지 132km[3]는 강 또는 호수에 흘러들거나 땅속으로 스며들어 지하수를 형성한다.

우리 나라 땅우에 있는 물의 평균높이는 600mm인데 이것은 지구상의 평균물높이(310mm)보다 2배나 높다. 이처럼 우리 나라는 물이 풍부한 나라이다.

지구의 온난화와 대책

지구의 온난화는 대기중에 이산화탄소의 농도가 증가하기때문에 생긴다.

이산화탄소기체는 땅겉면에서 우주공간으로 방출되는 에네르기의 일부를 되돌려보내므로 지구의 평균기온을 높인다.(그림 6-10)

온난화가 계속 되면 바다물면이 높아지고 강수량이 변하며 기후가 변하여 동식물 특히 농업생산에 큰 영향을 미친다.

? 공기중에 이산화탄소는 왜 점점 많아지는가?

지구의 온난화를 막기 위해서는 나무를 많이 심어야 하며 화석연료를 적게 사용하여야 한다. 또한 태양에네르기, 수소에네르기 등 화석연료를 대신하는 새로운 에네르기자원을 적극 개발리용하는것이 중요하다.

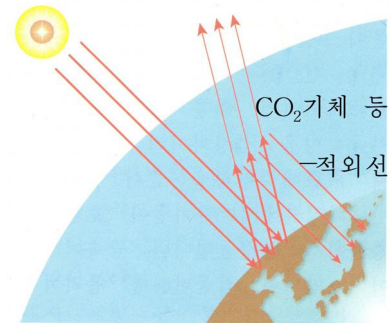



그림 6-10. CO_2에 의한 온실효과

오존층의 파괴와 대책

태양으로부터 나오는 자외선은 피부암이나 백내장과 같은 눈병을 일으키며 동식물에 나쁜 영향을 준다. 지구상에 생물이 존재할수 있는것은 대기권의 오존층이 자외선을 흡수하여 지구에 떨어지는 자외선의 량을 감소시키기때문이다.

지금 오존층은 프레온에 의해 점차 파괴되고있다.

프레온이 성층권에 이르면 태양자외선에 의하여 분해된다. 이때 생겨난 염소원자가 오존층을 파괴한다. 오존층이 파괴되면 에네르기가 큰 자외선이 지구에 떨어져 생물체전반에 나쁜 영향을 미친다. 그러므로 세계적으로 프레온생산이 금지되였으며 프레온을 대신할수 있는 각종 랭매와 세척제들이 연구개발되고있다.

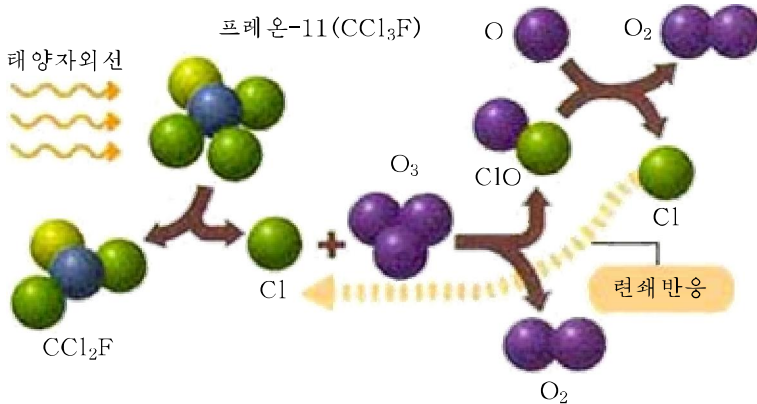



그림 6-11. 오존층의 파괴모형

프 레 온

프레온은 분자안에 불소, 염소원자가 들어있는 탄화수소의 할로겐유도체이다. 프레온은 액화하기 쉽고 증발열이 크기때문에 가정용랭동기의 랭매로 쓰인다. 또한 불타지 않으며 기름기를 쉽게 용해시키므로 전자용품, 기계부속품의 세척에도 리용한다.

많이 쓰이는 프레온: 프레온-11(CCl_3F), 프레온-12(CCl_2F_2), 프레온-14(CF_4), 프레온-113(CCl_2FCClF_2)

프레온의 이름과 구조사이에는 묘한 관계가 있다.

일반적으로 프레온-ABC라고 하면

A=탄소원자개수−1 (백의 자리수자)

B=수소원자개수+1 (열의 자리수자)

C=불소원자의 개수 (하나의 자리수자)

탄소원자의 나머지 원자가에는 염소원자가 있다.

산성비의 형성과 후과

1. 실험
   1) 적은 량의 류황가루를 연소숟가락에 담아 불을 붙인 다음 산소를 채운 병에서 연소시킨다. 연소가 끝난 다음 병아구리를 유리판으로 막는다.
   2) 주사기에 우에서 만든 SO_2기체 40mL와 푸른 리트머스용액 1방울을 섞어 넣은 수용액 10mL를 넣고 주사바늘구멍을 막는다. 현상을 고찰한다.
      용액의 색변화 ______
      주사기안의 압력변화 _______
   3) 적은 량의 물을 1)의 SO_2병에 넣고 세게 흔든다. 이 용액의 pH를 측정한다.
   4) 두개의 비커(또는 사발)에 진흙을 $\frac{1}{3}$ 정도 채우고 매 비커에 식물의 어린 모(벼모, 강냉이모, 풀…)를 심는다. 한 비커에는 깨끗한 물을 분무해주고 다른 비커에는 3)의 수용액을 분무해준다. 며칠 지나서 모의 상태를 비교한다.
2. 고찰
   1) 류황이 산소속에서 연소된다. 방정식 ______
   2) SO_2이 물에 용해되여 아류산으로 된다. 방정식 ______
   3) 산성비의 형성과정 ______
   4) 산성비가 식물에 미치는 영향 ______

문 제

1. 산이 들어있는 페수는 산화칼시움이나 탄산칼시움으로 중화시킬수 있다. 염산과 산화칼시움 및 탄산칼시움과의 반응을 화학방정식으로 써라.
2. 대기중에 CO_2함량이 증가하면 온실효과가 일어나 지구결면의 온도가 올라간다.
   1) 대기중 CO_2함량이 증가하는 기본원인은 (　)에 있다.
      ㄱ) 동식물의 호흡작용증가
      ㄴ) 실험실에서 나오는 CO_2증가
      ㄷ) 산림록화면적감소로 인한 자연계의 CO_2흡수능력감소
      ㄹ) 화석연료(석탄, 석유, 천연가스 등)를 에네르기원천으로 대량 사용
   2) 자연계에서 CO_2이 소비되는 주요과정은 _____이다.

3) 지구온난화방지대책은 _____이다.

3. 자동차배기가스중에는 CO와 NO 같은 독성기체가 들어있다. 정화과정은 다음과 같다.

ㄱ) 촉매가 있는데서 CO와 NO가 반응을 일으켜 단순물과 화합물을 만든다. 그중 단순물은 대기중에 가장 많은 성분이다.

ㄴ) CO를 공기속에서 태워 다른 산화물로 넘긴다.

화학반응식으로 써라.

4. 세계적으로 해마다 100만t이상의 원유와 원유제품이 바다에 흘러들고있는데 이것은 세계원유생산량의 0.5%정도이다. 바다에 흘러들어간 1L의 원유를 생물학적인 방법으로 완전히 산화시키는데 4×10^5L의 바다물속에 들어있는 산소가 소비되여야 한다. 해마다 바다에 흘러드는 원유를 산화시키는데 바다물 몇L가 필요하겠는가? (원유의 밀도는 $0.7g/cm^3$로 보아라.) (**답.** 5.7×10^{14}L)

학 생 실 험

[실험 1] 사진만들기

실험목적

이 실험에서는 사진화학과정의 원리를 사진현상과 정착실험을 통하여 확증하며 여러가지 실험조작을 통하여 실험기구다루기기능을 습득하는데 있다.

실험기구

사진확대기, 메스플라스크, 약저울, 약숟가락, 메스실린더, 핀세트(나무로 만든것), 비커, 유리막대기, 건조기

시약 및 실험재료

히드로키논, 메톨, 무수아류산나트리움, 무수탄산나트리움, 브롬화칼리움, 티오류산나트리움(하이포), 필림, 인화지, 증류수

실험방법

1) 사진현상액만들기

사진현상액에는 반드시 환원제, 안정제, 현상촉진제, 억제제(흐림막이약)가 들어있어야 한다.

흔히 쓰이는 인화지현상액의 조성과 그 량은 다음과 같다.

현상액조성	시약의 량/g	시약의 역할
메톨	1.5	환원제
무수아류산나트리움	22.5	안정제
히드로키논	6.0	환원제
무수탄산나트리움	33.5	촉진제
브롬화칼리움	1.0	억제제
증류수	1L	

사진현상액을 만드는 순서는 다음과 같다.

① $\frac{1}{3}$ 정도의 무수아류산나트리움을 비커에 넣고 40~45℃로 가열된 600mL정도의 증류수를 넣어 용해시킨다. 다음 메톨을 넣어 용해시키고 나머지 무수아류산나트리움을 용해시킨다.

② 이 용액에 히드로키논, 무수탄산나트리움, 브롬화칼리움을 차례로 용해시킨다. 이때 한가지 시약이 완전히 용해된 다음에 다른 시약을 넣어 용해시켜야

한다.

③ 우에서 얻은 용액을 1L들이 메스플라스크에 옮겨넣고 눈금까지 정확히 증류수를 채워넣으면 현상액이 된다. 이것을 정해진 그릇에 넣어 서늘한 곳에 보관한다.

④ 필림을 현상할 때에는 이 현상액을 물과 1:2의 비로 묽게 하여 쓴다.

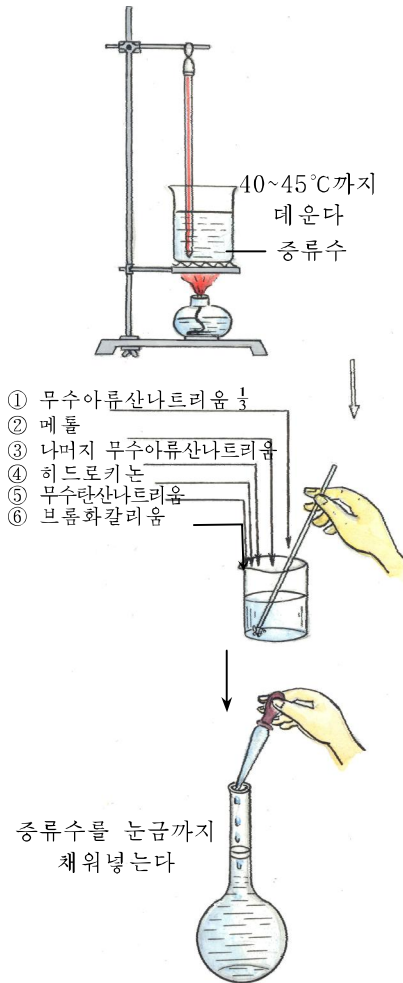



그림 1. 사진현상액만들기

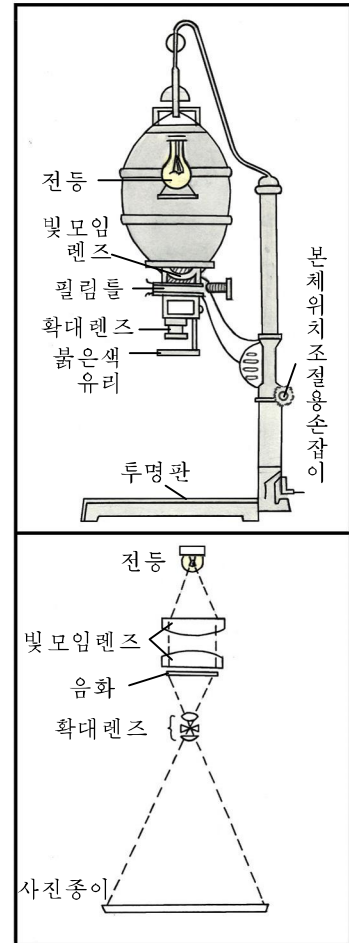



그림 2. 사진확대기의 구조와 작용원리

2) 사진정착액만들기

비커에 600mL정도의 증류수를 넣고 여기에 300g의 티오류산나트리움결정을 약저울에서 달아 용해시킨다. 이 용액을 1L들이 메스플라스크에 넣고 눈금까지 증류수를 채워넣으면 정착액이 된다. 이것을 정해진 그릇에 넣는다.

3) 인화지의 현상과 정착

① 인화지에 빛을 주어 양화의 숨은상만들기

사진확대기에 음화필림을 넣고 확대기밑판에 흰 종이를 놓은 다음 확대시키려는 크기에서 초점을 맞추고 빛의 밝기는 조르개로 조절한다. 다음 붉은색유리로 보임빛을 막는다. 인화지를 밑판에 놓은 다음 붉은색유리를 돌려서 일정한 시간 빛을 쪼인다. 이때 빛쪼임시간은 인화지에 따라 다르므로 알맞는 시간은 실험을 통하여 결정해야 한다.

② 인화지의 현상과 정착(양화얻기)

빛만 받은 인화지는 겉보기에는 아무런 변화도 없다.(숨은상)

이 인화지를 붉은색등밑에서 현상액에 잠근다. 일정한 시간이 지나면 실물과 같은 영상(양화)이 나타난다.

양화의 영상이 약간 검게 보일 정도로 되였을 때 인화지를 현상액에서 꺼내여 물로 씻고 정착액에 넣어 정착시킨다.

정착을 충분히(5min이상) 진행한 다음 꺼내여 물에 충분히 씻고 건조기에서 말리운다.

Ⓘ 현상이 끝나고 정착이 끝났을 때 왜 인화지를 물에 잘 씻어야 하는가?

실험하기 전에 미리 사진을 찍어 현상 및 정착과정을 거친 음화필림은 준비하고있어야 한다.

실험이 끝나면 현상액과 정착액을 정해진 그릇에 모으고 실험기구와 시약들을 정리한 다음 실험보고서를 작성한다.

Ⓘ 사진만들기실험에서 진행된 화학반응들을 화학방정식으로 쓰고 설명하여라.

Ⓘ 실험에서 얻은 사진에서 결함을 찾고 그 원인을 밝혀라.

[실험 2] 농도에 따르는 화학평형의 이동

실험목적

이 실험에서는 용액의 색변화와 흐림변화를 보고 화학평형이 이동한다는것을 검증하며 탄산가스를 만드는 장치를 꾸미고 그것을 다루는 기능을 습득하는데 있다.

실험기구

시험관, 피페트, 가지달린 시험관, 기체유도관, 안전깔때기, 약숟가락, 시험관대, 알콜등, 고무마개, 고정대, 시험관집게

시약 및 실험재료

염화철(Ⅲ)결정, 염화철(Ⅲ)용액(0.002㏖/L), 티오시안산칼리움결정, 티오시안산칼리움용액(0.006㏖/L), 석회수, 석회석(또는 대리석), 10% 염산용액

실험방법

1) 용액의 색변화를 보고 화학평형이동알아보기

① 시험관에 염화철(Ⅲ)용액 3mL와 티오시안산칼리움용액 3mL를 넣고 섞는다. 반응하기 전 용액들의 색과 섞은 다음의 용액의 색을 관찰한다.

② 반응에서 얻어진 색을 띤 용액을 세개의 시험관에 나누어넣는다.

③ 첫째 시험관에 염화철(Ⅲ)결정을 쌀알만큼(또는 짙은 용액 한두방울) 넣고 시험관을 흔들어 결정이 다 풀리도록 한다. 용액의 색을 셋째 시험관에 든 용액의 색과 비교한다. 관찰한 현상을 설명하여라.

④ 둘째 시험관에는 티오시안산칼리움결정을 쌀알만큼 넣고 마찬가지 방법으로 시험관을 흔들어 결정이 다 풀리도록 한다. 용액의 색을 셋째 시험관에 든 용액의 색과 비교한다. 어느 시험관의 색이 더 짙은가? 그것은 왜 그런가? 관찰한 현상을 화학방정식과 평형상수식으로 나타내고 설명하여라.

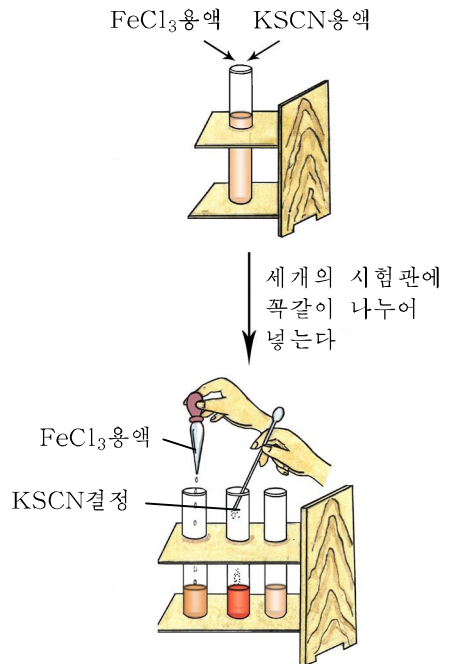



그림 3. 용액의 색변화로 농도가 변할 때의 화학평형이동을 알아본다

2) 용액의 흐림변화를 보고 화학평형이동알아보기

① 기체발생장치를 조립한다.(그림 4)

② 시험관에 석회수 3mL를 넣는다.

③ 기체발생장치에서 석회석과 염산을 작용시킨다. 나오는 이산화탄소를 시험관에 들어있는 석회수에 통과시킨다. 이때 석회수가 흐려지는것은 무엇때문인가?

④ 석회수가 흐려진 다음에도 계속 이산화탄소를 통과시킨다. 어떤 변화가 일어나는가? 그것은 무엇때문인가? 화학방정식을 써서 설명하여라.

⑤ 석회수가 맑아지면 그것을 알콜등으로 데워본다. 어떤 변화가 일어나는가? 그것은 무엇때문인가? 화학방정식을 써서 설명하여라.

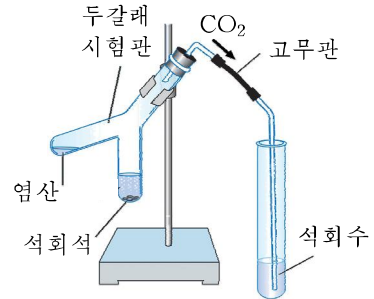
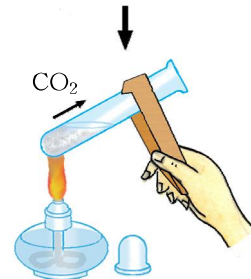



그림 4. 용액의 흐림변화로 농도가 변할 때의 화학평형이동을 알아본다

물 음

① 염화철(Ⅲ)용액과 티오시안산칼리움 용액사이에 일어나는 반응을 이온방정식으로 써라.

② 두번째 실험에서 석회수에 탄산가스를 통과시킬 때의 변화와 그것이 맑아진 다음 알콜등으로 데울 때의 변화를 이온방정식으로 써라.

③ 실험에서 관찰한 색변화와 흐림변화를 가지고 화학평형이동에 주는 농도의 영향에 대하여 설명하여라.

[실험 3] 용액의 pH 알아보기

실험목적

이 실험에서는 여러가지 농도의 산, 염기의 pH를 재는 방법과 플라스크를 다루는 기능을 습득하는데 있다.

실험기구

메스플라스크, 피페트, 유리막대기, pH메터, 깔때기, 비커

시약 및 실험재료

pH지, 염산용액(0.01㏖/L), 수산화나트리움용액(0.01㏖/L)

실험방법

1. 유리막대기에 0.01㏖/L 염산을 찍어서 pH지에 묻혀본다. pH지의 색이 어떻게 변하는가? 그것을 표준색계렬과 비교하여 pH가 얼마인가를 알아본다.
2. 증류수로 깨끗이 씻은 100mL들이 메스플라스크에 0.01㏖/L 염산용액 1mL를 피페트로 넣고 눈금까지 증류수를 채워 100배로 묽게 한다. 이 묽은 염산용액을 깨끗한 유리막대기에 찍어 pH지에 묻혀본다.
3. 0.01㏖/L 수산화나트리움용액을 가지고 조작 1에서와 같은 방법으로 용액의 pH를 알아본다.
4. 0.01㏖/L 수산화나트리움용액 1mL를 100mL들이 메스플라스크에 넣고 눈금까지 증류수를 채워 100배로 묽게 한다. 이 용액을 유리막대기에 찍어 pH지에 묻혀보고 용액의 pH를 알아본다. 관찰한 현상을 설명하여라.
5. pH메터를 리용하여 우에서 실험한 용액들의 pH를 정확히 알아보도록 한다.

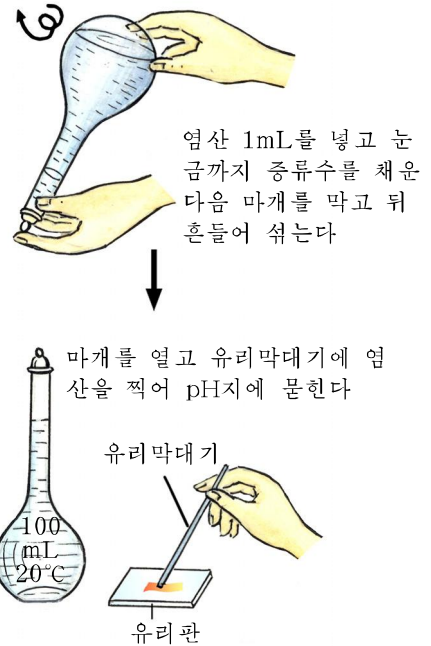



그림 5. pH지로 산, 염기 용액의 pH 알아보기

[실험 4] 중화적정

실험목적

실험에서는 표준용액을 사용하는 방법과 중화적정방법, 전자저울과 뷰레트 등 실험기구를 다루는 기능을 습득하는데 있다.

실험기구

메스플라스크, 스포이드, 비커, 세척병, 뷰레트, 홀피페트, 삼각플라스크, 깔때기, 유리막대기, 뷰레트대

시약 및 실험재료

표준용액(NaOH)(픽사날), 페놀프탈레인(0.1%), 시료용액(HCl)

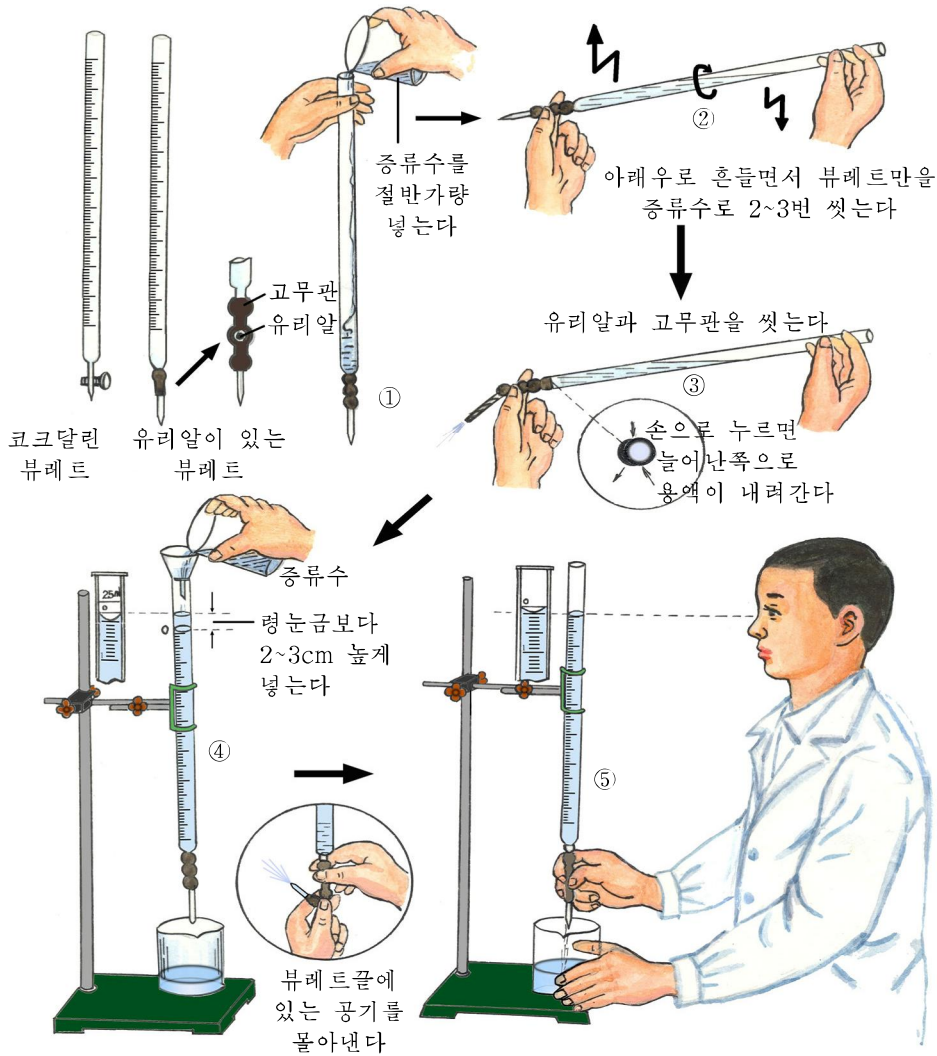



그림 6. 뷰레트를 쓰는 방법

실험방법

- 표준용액(픽사날)의 사용법

표준용액암풀에 들어있는 액체를 1L들이 메스플라스크에 넣고 세척병을 리용하여 암풀속을 여러번 증류수로 씻어 메스플라스크에 넣는다.

다음 메스플라스크에 증류수를 조금씩 넣으면서 눈금까지 정확히 맞춘다.

이렇게 하면 0.100㏖/L의 NaOH표준용액이 된다.

- 중화적정

1. 뷰레트를 증류수로 깨끗이 씻고 마지막 한번은 표준용액으로 씻는다. 뷰레트를 뷰레트대에 고정시킨다. 뷰레트에 수산화나트리움표준용액을 넣고 액체면을 령눈금에 정확히 맞춘다.
2. 삼각플라스크에 시료인 염산용액 25mL를 홀피페트로 넣고 페놀프탈레인용액을 2~3방울 떨구어넣는다.
3. 뷰레트의 코크 혹은 유리알을 왼손으로 조절하면서 표준용액을 시료용액에 떨구어넣는다. 오른손으로는 삼각플라스크를 흔들어 용액이 골고루 섞이도록 한다. 마지막 한방울에 의하여 삼각플라스크안의 전체 용액이 분홍색으로 물들 때까지 표준용액을 넣는다. 다음 적정에 소비된 표준용액의 체적을 뷰레트에서 정확히 찾는다.
4. 실험은 같은 방법으로 3번 반복하여 중화반응에 소비된 표준가성소다용액의 체적을 평균값으로 알아낸다.
5. 시료인 염산용액의 농도를 관계식 $\nu_1 C_1 V_1 = \nu_2 C_2 V_2$에 의하여 계산한다.

Ⓠ 중화적정을 왜 용액의 전체 색이 분홍색으로 될 때까지 진행하는가?

Ⓠ 가성소다표준용액으로 류산의 농도도 알아낼수 있는가?

Ⓠ 시료가 들어있는 삼각플라스크에 증류수를 적당한 량 더 넣고 적정할 때에 소비되는 표준용액의 체적은 같겠는가 다르겠는가?

[실험 5] 염의 가수분해

실험목적

실험에서는 여러가지 염용액들의 pH를 알아보는 과정을 통하여 염의 가수분해반응의 본질을 인식하는데 있다.

실험기구

비커, 피페트, 시험관, 유리막대기

시약 및 실험재료

탄산나트리움, 류산동결정, 탄산수소나트리움, 염화나트리움, 초산암모니움, 리트머스용액, 메틸오렌지용액, 페놀프탈레인용액

실험방법

1. 시험관에 증류수 6mL를 넣고 탄산나트리움결정을 한두개 넣어서 푼다. 이 용액을 세개의 시험관에 나누어넣는다. 첫째 시험관에 리트머스용액, 둘째 시험관에 메틸오렌지용액, 셋째 시험관에 페놀프탈레인용액을 2방울씩 떨구어넣고 색변화를 관찰한다. 관찰한 현상을 설명하여라.
2. 마찬가지방법으로 류산동, 탄산수소나트리움, 염화나트리움, 초산암모니움에 대하여 실험하고 관찰한 현상을 설명한 다음 아래의 표에 적어넣는다.

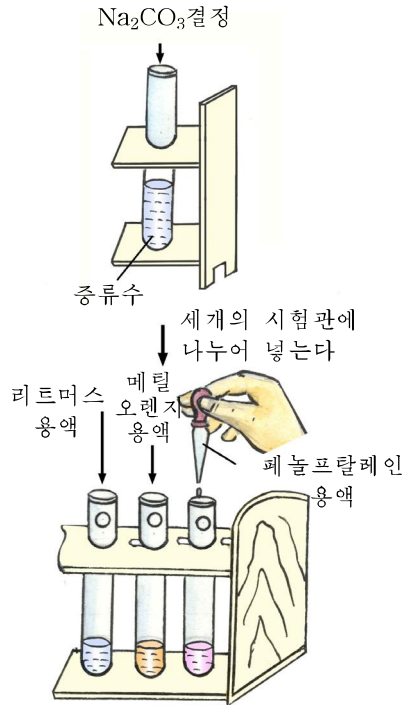



그림 7. 몇가지 염들의 가수분해알아보기

염	알림약의 색변화			액성
	리트머스	메틸오렌지	페놀프탈레인	
탄산나트리움용액 류산동용액 탄산수소나트리움용액 염화나트리움용액 초산암모니움용액				

? 염용액의 액성만 보고 가수분해되는 염인가 가수분해되지 않는 염인가를 판정할수 있는가?

? 우에서 실험한 5가지 염가운데서 가수분해되는 염에 대하여 가수분해의 이온방정식을 써라.

[실험 6] 다니엘전지만들기와 평형이동

실험목적

다니엘전지만들기를 통하여 화학전지의 원리, 전지의 전동력과 금속이온의 농도사이의 관계를 알아보는데 있다.

실험기구

비커(250mL들이), ㄷ자관(또는 U자관), 100mL들이 메스플라스크, 전압계(0~5V), 약저울, 약숟가락, 작은 전등알

시약 및 실험재료

류산동결정($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), 류산아연($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), 염화칼리움, 5㏖/L $CuSO_4$용액, 동판(3㎝×6㎝), 아연판(3㎝×6㎝), 증류수, 동선, 여닫이

실험방법

1. 먼저 1㏖/L 류산동용액 100mL에 들어있을 류산동의 질량을 계산한다. 실험실에는 보통 류산동결정($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)이 있으므로 류산동의 질량을 류산동결정의 질량으로 환산한다.
2. 계산된 류산동결정의 량을 정확히 달아서 100mL들이 메스플라스크에 넣고 60mL가량의 물을 넣어 푼다. 완전히 풀린 다음 100mL 눈금까지 물을 정확히 넣으면 1㏖/L 류산동용액 100mL가 얻어진다. 매 학생이 만든 류산동용액을 250mL들이 비커에 조별로 모은다.

Ⓟ 1㏖/L 류산아연용액 100mL를 만들려면 어떻게 하여야 하는가?

자체로 1㏖/L 류산아연용액 100mL를 만들고 조별로 250mL들이 비커에 모은다.

3. 그림처럼 실험장치를 꾸미여라. 두 용액은 전해질이 들어있는 ㄷ자관으로 이어놓는다.

※ ㄷ자관에서 용액이 흐르지 않도록 하기 위하여 KCl용액에 젤라틴 또는 우무(한천)를 푼 뜨거운 용액을 ㄷ자관에 넣어 굳힌것을 쓴다.

Ⓟ 이때 두 비커에 들어있는 용액의 높이가 같아야 한다. 왜 그런가? 공기방울이 차지 않도록 하려면 어떻게 하여야 하는가?

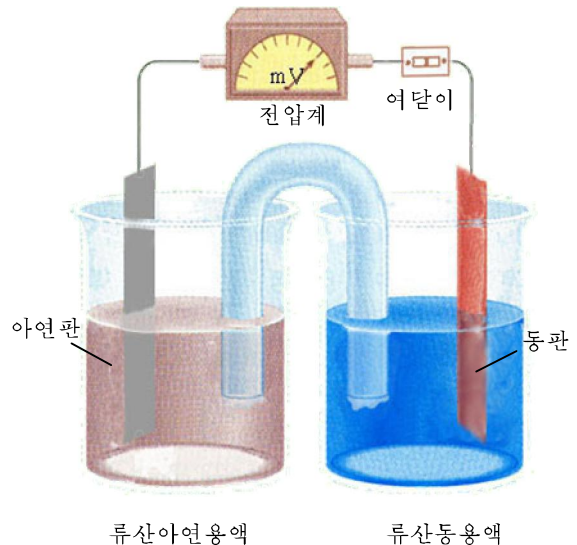



그림 8. 동—아연전지만들기

4. 여닫이를 넣으면서 전압계의 바늘의 움직임을 관찰한다.

ⓘ 두 전극에서 일어나는 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

ⓘ 이 전지의 전동력은 얼마인가? 전동력이 큰 전지를 만들려면 어떻게 하여야 하는가?

5. 전지의 $ZnSO_4$수용액에 증류수 10mL를 넣어 농도를 묽게 하면서 전동력의 값이 어떻게 변하는가를 알아본다.
6. 전지의 $CuSO_4$수용액에 5㏖/L 류산동용액 10mL를 넣어 농도를 높이면서 전동력의 값이 어떻게 변하는가를 알아본다.

물 음

1. 다니엘전지에서 방전과정에 용액의 농도는 어떻게 변하는가?
2. 다니엘전지에서 Zn^{2+}의 농도를 묽게 할 때, Cu^{2+}의 농도를 짙게 할 때 전지의 전동력이 변하는 원인을 설명하여라.

[실험 7] 니켈도금

실험목적

니켈도금과정을 통하여 전해도금의 원리를 파악하는데 있다.

실험기구

비커, 핀세트, 직류전원, 저울, 가변저항기, 전압계, 전류계, 온도계

시약 및 실험재료

류산니켈결정 $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, 붕산, 소금, 질산, 산화크롬(Ⅲ)가루, 증류수, 가성소다(또는 탄산소다)용액, 동판(1㎝×3㎝), 니켈판(1㎝×3㎝)

실험방법

1. 니켈도금액은 증류수 100mL에 류산니켈결정 $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ 20g, 붕산 H_3BO_3 2.5g, 소금 1.0g을 차례로 저울에 달아서 푸는 방법으로 만든다.
2. 도금하려는 동판(제품)을 그림에

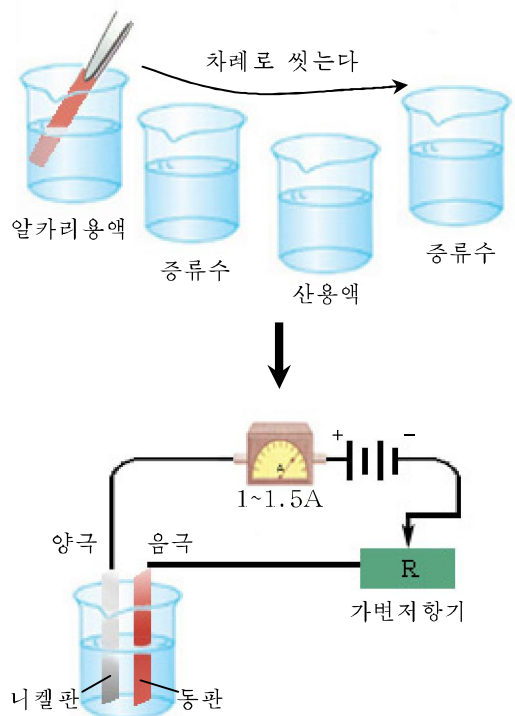



그림 9. 니켈도금

서처럼 핀세트로 잡고 깨끗이 씻는다.

ⓘ 왜 제품을 그러한 용액들에 씻어야 하는가? 왜 도금하려는 제품을 손으로 잡아서는 안되는가?

3. 니켈도금액을 비커에 담는다.

ⓘ 도금하려는 동판(제품)을 직류전원의 어느 극에 련결해야 하는가?

4. 그림에서처럼 장치를 꾸미고 여닫이를 닫는다.

ⓘ 음극에서 기체가 생기지 않을 정도로 가변저항기로 전압과 전류를 조절한다. 왜 그런가?

5. 10~20min 지난 다음 여닫이를 열고 니켈도금된 동판을 꺼내여 물로 잘 씻고 겉면을 산화크롬(Ⅲ)가루로 잘 닦는다.

물 음

1. 니켈도금할 때 전극에서 일어나는 반응을 방정식으로 나타내고 용액의 pH 변화를 설명하여라.
2. 어떤 물체에 동도금하려면 도금액과 양극으로는 제가끔 어떤것들을 써야 하겠는가?

[실험 8] 사탕의 가수분해

실험목적

사탕을 가수분해시키고 가수분해생성물의 환원제적성질을 실험으로 알아보는 과정에 사탕의 성질을 확고히 인식하는데 있다.

실험기구

시험관, 알콜등

시약 및 실험재료

NaOH용액(10％), $CuSO_4$용액(5％), 사탕용액(2％), 묽은 류산

실험방법

1. 1개의 시험관에 2~3mL의 NaOH용액을 넣고 여기에 몇방울의 $CuSO_4$용액을 넣는다. 나타나는 현상을 관찰한다. 그런 다음 2mL의 사탕용액을 넣는다. 가열하면서 앙금이 생기는가 관찰한다.
2. 깨끗한 시험관에 적은 량의 사탕용액을 넣고 거기에 3~5방울의 묽은 류산을 넣는다. 그다음 혼합액을 몇min 끓여 사탕이 가수분해되게 한다.
   그다음 NaOH용액을 넣어 남은 H_2SO_4이 중화되게 한다.

3. 한 시험관에 $Cu(OH)_2$ 침전물을 만들고 여기에 2에서 만든 용액을 시험관을 흔들면서 넣는다. 그런 다음 시험관을 가열한다. 어떤 현상이 나타나는가를 관찰한다.

실험 1, 3에서 나타난 현상을 기록하여라.

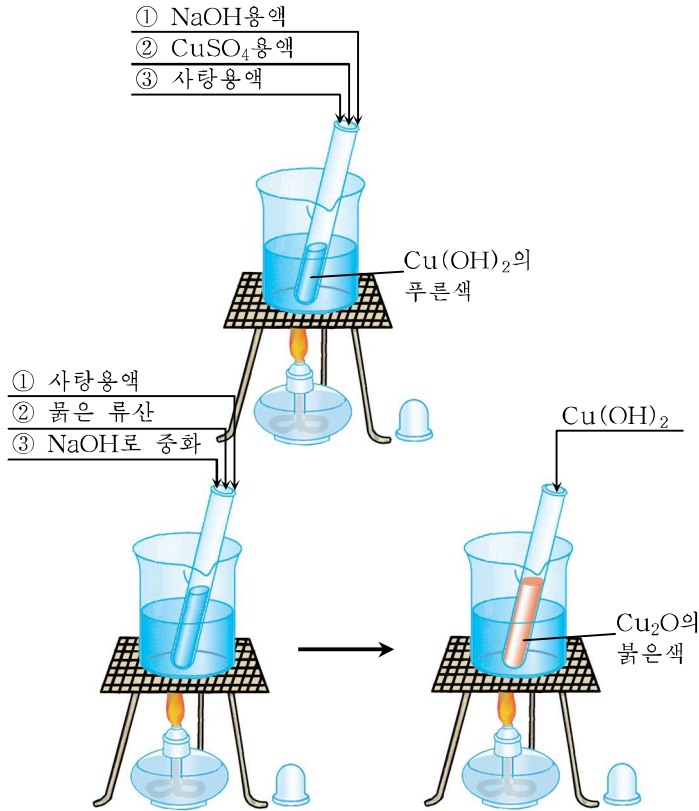



그림 10. 사탕의 가수분해

[실험 9] 비누만들기

실험목적

비누를 만드는 과정에 비누만드는 원리와 비누의 성질을 인식하는데 있다.

실험기구

사기접시, 피페트, 알콜등, 비커, 시험관, 유리막대기, 돌솜을 붙인 쇠그물

시약 및 실험재료

기름(식물성기름), 수산화나트리움용액(30~40%), 소금용액(포화), 천쪼각

실험방법

1. 사기접시에 기름을 5g정도 넣고 수산화나트리움용액 12~15mL를 넣는다. 사기접시를 삼발이우에 올려놓고 유리막대기로 저으면서 천천히 끓인다. 혼합물을 끓이는 사이에 수증기가 날아나므로 물을 조금씩 넣어주어 처음 체적보다 줄지 않게 한다. 20min가량 지난 다음 비누화된 정도를 알아보기 위하여 유리막대기로 혼합물을 찍어서 따로 준비한 시험관의 뜨거운 물(4~5mL)에 넣는다. 비누화가 다 되였을 때에는 기름방울이 뜨지 않는다.
2. 포화소금용액 10~15mL를 비커에서 뜨겁게 덥힌다. 이것을 비누화반응이 끝난 반응혼합물에 잘 저으면서 부어넣는다. 혼합물을 식힐 때 용액에 무엇이 뜨는가?
3. 떠오른 비누를 천쪼각에 밭아서 짠다. 얻은 비누를 물에 풀면서 거품이 이는가를 알아본다.
4. 비누물에 염화칼시움용액을 몇방울 넣어 흰 침전물이 생기는것을 본다.

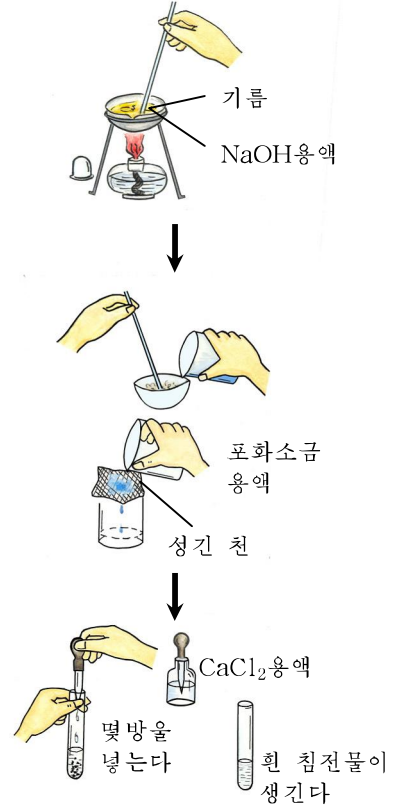



그림 11. 비누만들기

물 음

1. 일어난 반응의 화학반응식을 써라.
2. 비누화에서 생긴 글리세린은 어떻게 되였는가?

[실험 10] 두부만들기

실험목적

두부를 만드는 과정을 통하여 단백질의 성질에 대한 지식을 더욱 공고하게 다지는데 있다.

실험기구

알콜등, 면천 혹은 가재천, 비커, 유리봉, 절구(분쇄기)

시약 및 실험재료

노란콩 50g, 염화마그네시움

실험방법

1. 노란콩 50g을 300mL의 물에 담근다. 불쿤 콩을 건져 물 200mL를 넣어 보드랍게 분쇄한다.
2. 분쇄한 콩을 비커에 넣고 거기에 150mL의 물을 두고 약한 불에서 타지 않을 정도로 15min이상 가열한다.
3. 2에서 얻은 용액을 면천으로 밭아 콩단백을 분리한다.
4. 500mL의 비커에 3에서 얻은 콩단백 250mL를 넣어 한번 끓인 후 랭각시키다가 온도가 70~75℃ 되면 10% $MgCl_2$수용액 5mL를 저으면서 넣는다. 그리고 10min동안 놓아둔다. 이때 순두부가 얻어진다.
5. 면천에 얻어진 순두부를 놓고 꼭 싸고 그우에 무거운것을 10min동안 놓아둔다.
6. 얻어진 두부를 꺼내여 찬물에 담그어둔다.

물 음

1. 3에서는 무엇과 무엇이 분리되며 이것은 두 물질의 어떤 성질을 리용한것인가?
2. 2에서는 무슨 현상이 일어나는가?
3. 4에서는 무슨 현상이 일어나는가?

[실험 11] 단백질의 성질

실험목적

단백질의 염석, 변성, 색반응실험을 통하여 단백질의 성질을 확고히 인식하는데 있다.

실험기구

시험관, 시험관집게, 비커, 유리막대기, 쇠그물, 알콜

시약 및 실험재료

알단백질수용액(닭알흰자위), $(NH_4)_2SO_4$포화용액, NaOH용액, 10% $CuSO_4$용액, 짙은 질산, 두부, 면실, 순모실, 증류수

실험방법

1) 단백질의 태우기

면실과 순모실에 각각 불을 붙여 태워본다. 주의하여 냄새를 맡아본다.

2) 단백질의 염석

시험관에 1~2mL의 알단백질수용액을 넣고 적은 량의 $(NH_4)_2SO_4$ 포화용액을 넣는다. 나타나는 현상을 관찰한다.

침전물이 들어있는 액체를 증류수가 들어있는 다른 시험관에 넣고 침전물이 용해되는가를 관찰한다.

3) 단백질의 변성

① 시험관에 2mL의 알단백질수용액을 넣고 가열하여 나타나는 현상을 관찰한다. 시험관안의 물질을 꺼내여 물속에 놓아둘 때 용해되는가를 관찰한다.

② 시험관에 3mL의 알단백질수용액을 넣고 1mL의 $CuSO_4$용액을 넣어 나타나는 현상을 관찰한다. 적은 량의 침전물을 증류수가 들어있는 시험관에 넣는다. 침전물이 용해되는가를 관찰한다.

4) 단백질의 색반응

알단백질수용액에 NaOH용액 3mL와 류산동용액 1mL를 넣고 뒤흔든다. 나타나는 현상을 관찰한다.

5) 음식물에 들어있는 단백질알아보기

① 5g의 두부를 비커에 넣고 10mL의 증류수를 넣는다. 유리봉으로 두부를 보드랍게 분쇄한다. 천쪼각으로 려과하여 두부를 갈라낸다.

② 시험관에 갈라낸 두부를 조금 넣고 몇방울의 짙은 질산을 넣는다. 약하게 가열하면서 나타나는 현상을 관찰하여라. 시험관을 식힌 다음 가성소다용액을 조금 넣는다. 나타나는 현상을 관찰하여라.

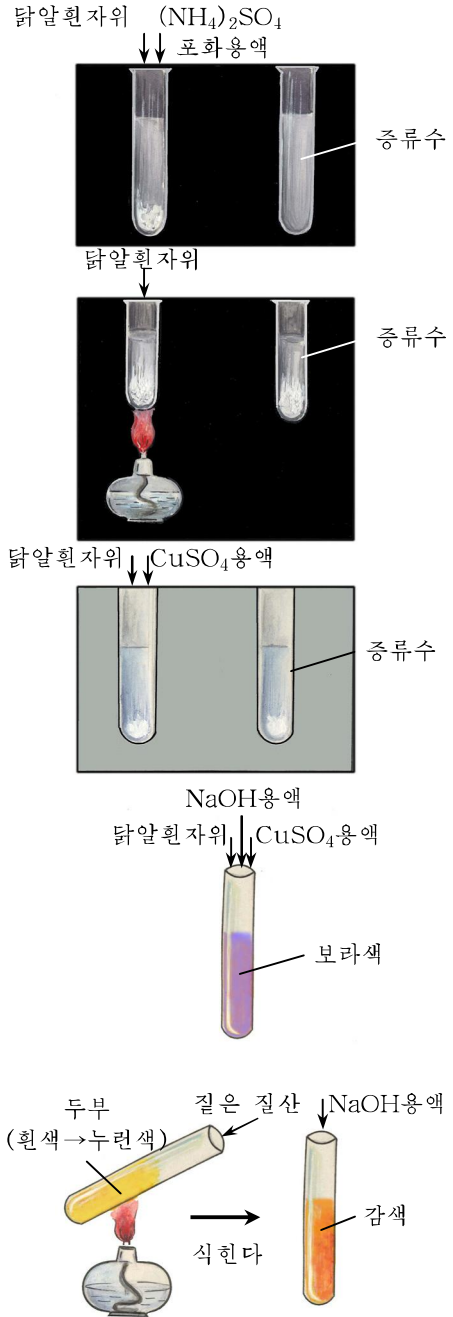



그림 12. 단백질의 성질

물 음

1. 알단백질의 수용액에 각각 $CuSO_4$포화용액과 $(NH_4)_2SO_4$포화용액을 넣으면 모두 고체물질이 생긴다. 두가지 현상에는 어떤 차이가 있는가?
2. 실험으로 어떻게 명주와 인조섬유를 갈라볼수 있는가?

[실험 12] 나노산화철(Fe_3O_4)만들기

실험목적

화학적으로 나노재료를 만드는 원리와 방법을 인식하고 나노알갱이의 크기와 나노재료의 성질을 확인하는 기초기능을 소유하는데 있다.

실험기구

평밀플라스크(250~300mL), 랭각기, 온도계(0~100℃), 피페트, 자석(또는 기계식)교반기, 주사전자현미경

시약 및 실험재료

류산철(Ⅱ)(분석순), 계면활성제 A, 수산화나트리움(분석순), 질산칼리움, 자석

실험방법

1. 피페트(또는 메스실린더)로 1.0㏖/L $FeSO_4$용액 36mL와 5% 계면활성제 A용액 2mL를 평밀플라스크에 넣는다.
2. 평밀플라스크에 들어있는 용액을 세게 교반하면서 4.7㏖/L NaOH용액 25.0mL를 방울방울 떨구어넣는다.
3. 평밀플라스크에 들어있는 반응물의 온도를 90℃까지 가열하고 거기에 5.0㏖/L KNO_3용액 25.0mL를 넣고 역류랭각기를 설치한 다음 세게 교반하면서 30min간 반응시킨다. 반응결과 나노산화철(Fe_3O_4)의 현탁액이 얻어진다.
4. 얻어진 나노산화철알갱이의 크기를 주사전자현미경을 통하여 확인한다.
5. 얻어진 나노산화철알갱이의 자기적성질을 알아본다. 나노산화철을 어디에 쓸수 있겠는가를 말하여라.
6. 측정한 나노산화철알갱이의 평균크기를 계산하여 실험일지에 적어넣고 만든 나노산화철현탁액을 시험관에 부어넣어 며칠간 가만히 놓아둔다. 나타나는 현상을 관찰하여라.

실 험 문 제

실험문제 1

산성매질에서 $KMnO_4$과 Na_2SO_3사이의 반응에서 $KMnO_4$의 농도와 반응온도에 따라 반응속도가 어떻게 변하는가를 실험으로 알아보아라.

실험문제 2

0.1㏖/L Na_2CO_3용액 100mL를 만들고 용액의 pH를 pH메터로 결정하여라.

실험문제 3

에틸알콜에 류황을 풀어 포화용액을 만들고 증류수 100mL정도에 류황포화용액 2~3방울을 넣으면 류황졸이 얻어진다. 이 류황졸의 틴달현상을 관찰하여라.

찾아보기